



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES-PARROQUIA URBANA DE CHILLANES, PROVINCIA DE BOLÍVAR”

TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JORGE FERNANDO BARRAGÁN COCA

TUTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

© 2018, Jorge Fernando Barragán Coca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: el presente Trabajo Técnico de “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES-PARROQUIA URBANA DE CHILLANES, PROVINCIA DE BOLÍVAR**” de responsabilidad del Señor Jorge Fernando Barragán Coca ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada así su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas

.....

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

Ing. Mario Villacrés

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Fernando Barragán Coca, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo mi responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 18 de Agosto del 2018

.....

JORGE FERNANDO BARRAGÁN COCA

020200205-1

“Yo, Jorge Fernando Barragán Coca, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente trabajo de Investigación y el patrimonio Intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”.

.....

JORGE FERNANDO BARRAGÁN COCA

DEDICATORIA

Con gran alegría y felicidad en mi corazón dedico este Trabajo de Titulación a Dios por darme la Sabiduría e Inteligencia para captar todos los conocimientos que me acrediten como Ingeniero Químico; También a los principales promotores que son mis padres, que me apoyaron de manera incondicional: Jorge Valentín y María Matilde por darme siempre palabras de aliento y fortaleza para superar todas las adversidades y pueda realizar mi sueño en realidad; A mis hermanas Maribel y Alejandra por su apoyo constante y ser un ejemplo de superación. Y para culminar a mis sobrinos Esteban y Dayra por ser mi fortín que me inspira a luchar cada día.

Fernando

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución y permitirme forjar mi carrera profesional con mucho éxito.

A mis padres: Jorge y María quienes me inculcaron a realizar mi carrera universitaria y mediante sus experiencias me incentivaron a no desmayar en los momentos difíciles.

Al Ing. Marco Chuiza y al Ing. Mario Villacrés por ser artífices de mi formación profesional puesto que me guiaron durante el desarrollo de la elaboración de mi proyecto de titulación.

Al Alcalde del GAD Municipal de Chillanes Lic. Arturo Montero por darme el aval, para poder realizar el presente estudio

Al Lic. Milton Barragán por su colaboración en la recopilación de información, que sirvió para levantar el presente estudio y además por sus consejos profesionales.

Y también a mis amigos y compañeros con quienes vivimos momentos únicos, que se quedarán plasmados en la memoria.

Fernando

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área (m ²)
APHA	American Public Health Association
C.E.C	Código Ecuatoriano de la Construcción
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CO ₂	Dióxido de Carbono (mg/L)
cm	Centímetros
D	Dotación de Agua Potable (L/hab*día)
d	Días
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
E	Rendimiento (%)
Ec.	Ecuación
Fig.	Figura
H	Altura (m)
h	Horas
Ha	Hectáreas
Hab	Habitantes
INEC	Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos

Km	Kilómetros
L	Litros
m	Metros
max.	Máxima
mg	Miligramos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Población (hab)
PAC	Poli cloruro de Aluminio
pH	Potencial Hidrógeno
PTAR	Planta de Tratamiento para Aguas Residuales
PVC	Poli cloruro de Vinilo
Q	Caudal (L/m ³)
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
s	Segundos
SENPLADES	Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvii
--------------	------

ABSTRACT	xviii
----------------	-------

CAPÍTULO I

1.	Diagnóstico e identificación del problema	1
1.1	Identificación del Problema	1
1.2	Justificación del Proyecto	2
1.3	Línea base del Proyecto	3
1.3.1	Reconocimiento de la zona de Investigación.....	3
1.3.2	Métodos y Técnicas	3
1.3.2.1	<i>Métodos</i>	3
1.3.2.2	Técnicas	4
1.4	Beneficiarios Directos E Indirectos.	5
1.4.1	Beneficiario Directo:	5
1.4.2	Beneficiarios Indirectos:	5

CAPÍTULO II

2.	Objetivos del proyecto	6
2.1.	Objetivo General:.....	6
2.2	Objetivos Específicos:	6

CAPÍTULO III

3.	Estudio Técnico	7
3.1	Localización del Proyecto	7
3.1.1	Localización Geográfica:	7
3.1.2	Clima De La Zona:	9

3.1.3	Cuencas Hidrográficas:	9
3.2	Ingeniería del Proyecto	10
3.2.1	Determinación del Caudal	10
3.2.2	Método de Muestreo	13
3.2.2.1	<i>Procedimiento de la recolección de muestra</i>	13
3.2.3	Características de aguas residuales	14
3.2.3.1	<i>Aguas Residuales Municipales (ARM)</i>	14
3.2.3.2	<i>Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales</i>	15
3.2.3.3	<i>Caracterización Físico- Químico y Microbiológico del agua residual de la Parroquia Chillanes.</i>	18
3.2.3.4	<i>Indicadores de contaminación orgánica</i>	19
3.2.4	Pruebas de Tratabilidad	20
3.2.4.1	<i>Índice de Biodegradabilidad</i>	20
3.2.4.2	<i>Test de Jarras (Dosificación)</i>	21
3.2.5.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales	28
3.2.5.1	<i>Determinación de la Población Futura</i>	28
3.2.5.2	<i>Determinación de caudales</i>	30
3.2.5.3	<i>Sistema de Rejillas</i>	34
3.2.5.4	<i>Canal de Entrada</i>	39
3.2.5.5	<i>Desarenador de flujo horizontal</i>	42
3.2.5.6	<i>Dimensionamiento de la trampa de grasas</i>	55
3.2.5.7	<i>Canal Parshall</i>	58
3.2.5.8	<i>Floculador hidráulico horizontal</i>	69
3.2.5.9	<i>Calculo de la Dosificación del Poli cloruro de Aluminio (PAC)</i>	79
3.2.2.10	<i>Sedimentador de Flujo Horizontal</i>	81
3.2.2.11	<i>Lecho de Secado</i>	90
3.2.3	Resultados	92

3.2.3.1	<i>Resultados de la caracterización del agua residual</i>	92
3.2.3.2	<i>Resultado de la tratabilidad del agua residual tratada</i>	93
3.2.3.3	<i>Resultado del Dimensionamiento de la planta de tratamiento</i>	94
3.3	Sistema de Tratamiento de las aguas residuales propuesto	100
3.4	Requerimientos de Tecnología, equipos y maquinaria	101
3.4.1	Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales.....	101
3.4.2	Requerimiento de Normativas y Procedimiento para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales	101
3.4.3	Requerimiento de equipos y métodos para caracterización.....	102
3.5	Análisis de Costo/Beneficio del proyecto.....	103
3.6	Análisis	106
	CONCLUSIONES.....	108
	RECOMENDACIONES.....	109
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Métodos para la Caracterización del Agua Residual	4
Tabla 2-3:	Aforo caudal Ángel Estrada.....	11
Tabla 3-3:	Caudal promedio del agua residual.....	13
Tabla 4-3:	Toma de muestra de agua residual.....	14
Tabla 5-3:	Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales.....	15
Tabla 6-3:	Definición de parámetros físicos.....	16
Tabla 7-3:	Definición de Características Químicas.....	17
Tabla 8-3:	Caracterización Físico- Químico y Microbiológico del agua residual de la Parroquia Chillanes.....	18
Tabla 9-3:	Relación entre parámetros DBO5 Y DQO.....	20
Tabla 10-3:	Biodegradabilidad de la Muestra	21
Tabla 11-3:	Tratabilidad con prueba de Jarras con Cloruro Férrico.....	22
Tabla 12-3:	Tratabilidad con prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio	23
Tabla-13-3:	Prueba de Jarras con PAC.....	23
Tabla 14-3:	Variaciones de pH con ácido y bases.....	25
Tabla 15-3:	Dosis optima de Coagulación	26
Tabla 16-3:	Condiciones de Tiempos y Gradientes.....	28
Tabla 17-3:	Distribución de la Población en el Área Urbana y Rural del Cantón Chillanes...	28
Tabla 18-3:	Periodos de vida útil para Instalaciones de Tratamiento de Agua	29
Tabla 19-3:	Poblaciones determinadas por año.....	30

Tabla 20-3:	Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales Nivel de Complejidad	32
Tabla 21-3:	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual.....	34
Tabla 22-3:	Parámetros de Diseño para rejillas	35
Tabla 23-3:	Coeficiente de pérdida según la forma de las Rejillas	38
Tabla 24-3:	Información típica para el diseño del canal.	39
Tabla 25-3:	Coeficiente de rugosidad de Manning	41
Tabla 26-3:	Propiedades Físicas del Agua a diferentes temperaturas	45
Tabla 27-3:	Grado de eficiencia de sedimentación del Desarenador, numero de Hazen.	46
Tabla 28-3:	Propiedades del Agua a 20 C	46
Tabla 29-3:	Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal	48
Tabla 30-3:	Remoción de Depósitos	49
Tabla 31-3:	Valores de las constantes empíricas a y b Variable	54
Tabla 32-3:	Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal.....	59
Tabla 33-3:	Valores de K y n, según el tamaño de W	59
Tabla 34-3:	Dimensiones estandarizados de la canaleta Parshall.....	60
Tabla 35-3:	Criterios de diseño para un floculador hidráulico de flujo horizontal	71
Tabla 36-3:	Dimensiones específicas para cada tipo de pantalla	71
Tabla 37-3:	Número de intensidad	72
Tabla 38-3:	Criterios para el diseño del sedimentador de flujo horizontal.....	82
Tabla 39-3:	Parámetros de diseño de placas planas de asbestos – cemento.....	84
Tabla 40-3:	Resultados Caracterización Inicial comparadas con la Norma TULSMA.....	93
Tabla 41-3:	Resultado de la Tratabilidad del agua residual	93

Tabla 42-3:	Determinación de la Población.....	94
Tabla 43-3:	Determinaciones de caudales	94
Tabla 44-3:	Dimensionamiento del sistema de rejillas.....	95
Tabla 45-3:	Dimensionamiento para el canal de entrada.....	95
Tabla 46-3:	Dimensionamiento del Desarenador de Flujo Horizontal	95
Tabla 47-3:	Dimensionamiento del Desengrasador.....	96
Tabla 48-3:	Dimensionamiento de un canal Parshall	97
Tabla 49-3:	Dimensionamiento Floculador Hidráulico Horizontal.....	97
Tabla 50-3:	Dimensionamiento del Sedimentador de Flujo Horizontal	98
Tabla 51-3:	Dimensionamiento de Lecho de Secado	99
Tabla 52-3:	Dosificación de PAC.....	99
Tabla 53-3:	Materiales y Equipos para Medición del Caudal	101
Tabla 54-3:	Materiales utilizados en el Muestreo de Agua Residual	101
Tabla 55-3:	Equipos, Materiales y Reactivos	102
Tabla 56-3:	Análisis económico de la planta de Tratamiento de aguas residuales.....	103
Tabla 57-3:	Determinación de los costos de dosificación	106
Tabla 58-3:	Presupuesto de Mantenimiento mensual	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Ubicación Geográfica de la Parroquia Chillanes	8
Figura 2-3: Formas de las Rejillas	39
Figura 3-3: Desarenador de flujo horizontal.....	43
Figura 4-3: Gráfico canal Parshall	58
Figura 5-3: Floculadores hidráulicos	71

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1: Centro de la Parroquia Chillanes	9
Fotografía 2-3: Accesorios para el proceso de cribado	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Comparación de Coagulantes.....	24
Gráfico 2-3: Identificación de pH Óptimo en función de la turbiedad	25
Gráfico 3-3: Dosis Óptima de Coagulante	27
Gráfico 4-3: Floculadores hidráulicos	100

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para el GAD Municipal del Cantón Chillanes, parroquia Urbana de Chillanes, provincia de Bolívar, para obtener agua apropiada y libre de contaminación antes de ser descargada en el río Lambran. Para esto se realizó la caracterización físico-química y microbiológica inicial de estas aguas, con la finalidad de identificar los parámetros que se encuentran fuera de Norma en base al TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9, siendo identificados: Aceites y grasas con 148mg/L Color 865 Pt/Co, DBO5 con 183 mg/L, DQO con 383 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales con 150 mg/L, Coliformes Fecales: 27000 NMP/100ml. Las pruebas de tratabilidad se realizaron utilizando un test de jarras con Polícloruro de aluminio (PAC), empleando 43 ppm por cada litro de agua residual, siendo esta la concentración más óptima. Los procesos de tratamiento utilizados son: rejillas (21 unidades), canal de entrada ($v=0.59\text{m/s}$), desarenador ($V= 42.98\text{m}^3$), trampa de grasas ($V= 4\text{m}^3$), canal parshall ($t=0.54$), floculador hidráulico horizontal (37.46m^3), sedimentador de flujo horizontal (55.3m^3), lecho de secado ($V= 26.26\text{m}^3/\text{día}$), dosificación de PAC (59.44Kg/día). La validación se realizó mediante la caracterización final del agua tratada con base en el TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9, verificándose que el sistema propuesto logra la reducción de Aceites y grasas: 148 a 6.5 mg/L, Color: 865 a 73 Pt/Co, Turbiedad: 144 a 1.94 mg/L, DBO5: 183 a 20mg/L, DQO: 383 a 38 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales: 150 a 6 mg/L, Coliformes Fecales: 27000 a ≥ 100 NMP/100ml. Finalmente el agua tratada fue validada en el Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias, ESPOCH conjuntamente con el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH; Se recomienda que los lodos que son recolectados en el lecho de secado luego que sean deshidratados, enterrar en el relleno sanitario.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGIA QUÍMICA> <DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO < AGUA RESIDUAL>, <TRATAMIENTO QUÍMICO> <POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)> <LÍMITES PERMISIBLES> <CANAL PARSHALL> <FLOCULADOR>

ABSTRACT

A wastewater treatment plant was designed for the GAD Municipal del Cantón Chillanes, Urbana de Chillanes parish, province of Bolívar, to obtain appropriate and pollution-free water before being discharged into the Lambran river. For this, the initial physicochemical and microbiological characterization of these waters was carried out, in order to identify the parameters that are out of the Standard based on the TULSMA Book VI Annex 1, Table 9, being identified: Oils and fats with 148 mg/L, Color 865 Pt/Co, DBO₅ with 183 mg/L, COD with 383 mg/L, Total Suspended Solids with 150 mg/L, Fecal Coliforms: 27000NMP/100mL. The treatability tests were carried out using a jar test with aluminum polychloride (PAC), using 43 ppm per liter of waste water, this being the optimum concentration. The treatment processes used are: grids (21 units), inlet channel ($v=0.59\text{m/s}$), sand trap ($V=42.98\text{m}^3$), grease trap ($V=4\text{m}^3$), parshall channel ($t=0.54\text{ s}$), hydraulic flocculator horizontal ($V=37.46\text{ m}^3$), horizontal flow settler ($V=55.3\text{m}^3$), drying bed ($V=26.26\text{m}^3/\text{day}$), PAC dosage (59.44 Kg/day). The validation was carried out through the final characterization of the water treated based on the TULSMA Book VI Annex 1 Table 9, verifying that the proposed system achieved the reduction of Oils and fats: 148 to 6.5 mg/L, Color 865 to 73 Pt/Co, Turbidity: 144 to 1.94 mg/L, DBO₅: 183 to 20mg/L, COD: 383 to 38 mg/L, Total Suspended Solids: 150 to 6 mg/L, Fecal Coliforms: 27000 to ≥ 100 MPN/100mL. Finally, the treated water was validated in the Water Quality Laboratory of the Faculty of Sciences, ESPOCH jointly with the Laboratory of Environmental Services of the UNACH; It is recommended that the sludge that is collected in the drying bed after being dehydrated, bury in the landfill.

Keywords:<CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <DESIGN TREATMENT PLANT>, <RESIDUAL WATER>, <CHEMICAL TREATMENT>, <POLYCHLORIDE>, <PERMISSIBLE LIMITS>, <CHANNEL PARSHALL>, <FLOCCULATOR>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La parroquia urbana de Chillanes perteneciente al Cantón Chillanes, se encuentra situada en la provincia de Bolívar, El cantón Chillanes cuenta con una población de 17.406 habitantes., siendo dividido el cantón en 2 parroquias definidas como San José del Tambo con una población de 4.132 habitantes y Chillanes con 13.274 habitantes, siendo el 49.1% mujeres, 50.9% hombres respectivamente, cabe destacar que se encuentran distribuidos en la zona urbana 2.681 habitantes (15.4%) y en la zona rural 10.593 habitantes (84.6%) según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC en el año 2010(INEC, 2010)

El Cantón Chillanes cuenta con 2 parroquias y 35 comunidades, por lo tanto dentro de la parroquia urbana de Chillanes se encuentra un sistema de alcantarillado con tuberías de hormigón, que se encarga de recoger las aguas pluviales y domésticas que son transportadas de manera directa hasta desembocar al río Lambran, sin ningún tipo de tratamiento previo lo que ocasiona contaminación ambiental además de daños a la salud de los habitantes ubicados en comunidades cercanas al río Lambran.

El GAD Municipal del Cantón Chillanes es el encargado de la administración, planificación, construcción, control, operación y mantenimiento de los sistemas de producción, distribución y comercialización del agua potable, es también responsable de la transportación, regulación y disposición final de las aguas residuales; por lo tanto según esta investigación se verificó que no dispone con un Tratamiento de Aguas Residuales en la parroquia Chillanes, generando un problema de Sanidad y Seguridad Ambiental

El proyecto se desarrollará en la zona urbana de la parroquia Chillanes debido a lo previamente mencionado, considerando la situación que vive el cantón; cuanto a infraestructura salubre es precaria y por lo tanto existe la necesidad de diseñar una planta de tratamiento de agua residual para eludir contaminación en los entornos, al mismo tiempo de afectaciones a la salud de los habitantes y deterioros en el medio ambiente en especial del Río Lambran

1.2 Justificación del Proyecto

Considerando que el agua es un disolvente universal con características únicas, siendo el más abundante en la naturaleza y por tal motivo es utilizada para actividades domésticas, urbanas e industriales; razón por cuál es importante recuperar las propiedades y características físicas, químicas y microbiológicas de la misma, garantizando así el buen manejo de desechos hídricos contribuyendo con el correcto desarrollo del ser humano.

De acuerdo al artículo 5.2.4.9 “Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.” Del 5.2.4 Normas Generales para Descarga de Efluentes a Cuerpos de Agua Dulce del Anexo I DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA; TABLA 9. Acuerdo Ministerial 097-A publicado en el Registro Oficial N° 387 del 04 de noviembre del 2015. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015)

En base a lo anteriormente mencionado el Cantón Chillanes, parroquia urbana de Chillanes requiere del diseño de una planta de tratamiento de agua residual para reducir la contaminación hasta parámetros permisibles de descarga, garantizando la salud de los habitantes, evadir la presencia de patógenos recurrentes en el agua residual de origen doméstico y realizar la correcta disposición del agua tratada al río, el diseño de la planta contará con Tratamiento Primario y Secundario haciendo énfasis en el Control de las Características Químicas, Físicas y Microbiológicas del Agua.

Este diseño se elaboró con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Química, con tecnologías y métodos actuales; teniendo en cuenta la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Límites de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua Dulce, que están establecidos en el Acuerdo Ministerial No.097A Anexo 1 TABLA 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

1.3 Línea base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento de la zona de Investigación

Es importante destacar que para elaborar el siguiente proyecto técnico fue de suma importancia realizar un recorrido por la zona urbana de la parroquia Chillanes, con la finalidad de conocer los sectores en donde se producen las descargas de agua residual y además se determinó el lugar más apropiado para tomar muestras y a su vez realizar la medición del caudal. En cuanto a la disposición final de aguas residuales, no existe ningún tipo de tratamiento previo a la afluencia del río Lambran; pero podríamos destacar que la parroquia urbana de Chillanes cuenta con un sistema de alcantarillado que abastece la demanda de aguas pluviales y domésticas; de esta forma se determinó que es de gran necesidad construir un sistema de tratamiento de aguas residuales puesto que, estas aguas no cumplen con lo establecido en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del ACUERDO MINISTERIAL 097-A, publicado en el Registro oficial N° 387 del 4 de Noviembre del 2015 TABLA 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce lo cual genera un foco de contaminación sobre el río Lambran.

1.3.2 Métodos y Técnicas

1.3.2.1 Métodos

El actual proyecto técnico se realizó mediante el método cuasi-experimental y considerando el método deductivo, para la adquisición de datos reales que permitan el correcto diseño de la planta de tratamiento de agua residual, siendo el propósito construir un sistema eficiente que se adapte a los requisitos del GAD Municipal de Chillanes.

a) Deductivo

Este método se enfoca en conocer el lugar de la investigación, para realizar la toma de muestras para la caracterización, medición de caudales, con la finalidad de diseñar un sistema de tratamiento de manera que nos facilite el análisis y las posibles soluciones a los problemas de aguas residuales generadas en la parroquia. (Alasino,2014)

b) Cuasi-Experimental

El método cuasi-experimental es empleado para la toma de muestras representativas y llevándoles al laboratorio para la caracterización físico-químico y microbiológico del agua residual recogidas de la descarga para alcanzar nuestros objetivos y poder determinar que tratamiento es adecuado para la descontaminación de dichas aguas y luego que el agua pase por todo el sistema cumpla Norma del Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (REGISTRO

OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N.097 A TABLA 9): Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. (Alasino, 2014)

1.3.2.2 Técnicas

Para llevar a cabo este proyecto se realizó en base a las normas y técnicas que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de calidad del agua de la Facultad de Ciencias con responsabilidad de la Dra. Gina Álvarez, basados en los Métodos Estandarizados APHA-2005 (American Public Health Association) y Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, especificados en la última edición y el manual de análisis de agua, Métodos HACH. (NTE INEN 2169:98, 1998)

Tabla 1-1: Métodos para la Caracterización del Agua Residual

Parámetro	Unidad	Método
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 –NH ₃ -C
Grasas y aceites	mg/L	5540-C
Color Aparente	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 –C
Solidos totales	mg/L	2540-A
Solidos suspendidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 –C
Conductividad	μS/cm	2510-B
Ph	-----	4500-B
Temperatura	°C	Conductimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501.
Turbiedad	FTU- NTU	STANDARD METHODS 2130 -B.
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	STANDARD METHODS 5220 -C
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	STANDARD METHODS 5210 -B
Coliformes Fecales	UFC	Microfiltración

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

1.4 Beneficiarios Directos E Indirectos.

1.4.1 Beneficiario Directo:

Los beneficiarios directos en este proyecto serán los habitantes de la parroquia Chillanes y las comunidades que se encuentran aledañas por cuanto ayudará a mejorar notablemente la calidad de vida de los pobladores de la Parroquia Chillanes del casco urbano y al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chillanes, debido a la incorporación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual con la intención de prevenir la contaminación del recurso agua y de esta manera se estará cumpliendo con lo establecido en el Acuerdo Ministerial No.097 A Anexo 1 TABLA 9 Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

1.4.2 Beneficiarios Indirectos:

El Medio Ambiente, Fauna, Flora de los alrededores teniendo un desarrollo en un Ambiente sano y estable, una correcta Evaluación Ambiental, Gestión Ambiental y la óptima disposición del Agua Tratada al Río Lambran

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General:

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el GAD Municipal del Cantón Chillanes- parroquia urbana de Chillanes-Cantón Chillanes, provincia de Bolívar.

2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual de acuerdo a la Norma de Calidad vigente TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 9, para determinar los parámetros que se encuentran fuera de norma.
- Realizar pruebas de tratabilidad al agua residual para establecer el tratamiento adecuado.
- Identificar las variables del proceso adecuados para el cálculo y diseño del sistema de aguas residuales.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización final del agua tratada con base a los límites de descarga del TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9.
- Estimar los costos que demanda la construcción e implementación del diseño.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del Proyecto

3.1.1 Localización Geográfica:

El Cantón Chillanes, está ubicado en la parte sur de la Provincia Bolívar, en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, sus límites son: al norte el Cantón San Miguel de Bolívar; al sur el Cantón Antonio Elizalde (Bucay) de la provincia del Guayas; al este el Cantón de Pallatanga Provincia de Chimborazo; y al Oeste el Cantón Babahoyo provincia de los Ríos. (GAD CHILLANES, GESTIÓN DE RIESGOS, 2014-2019)

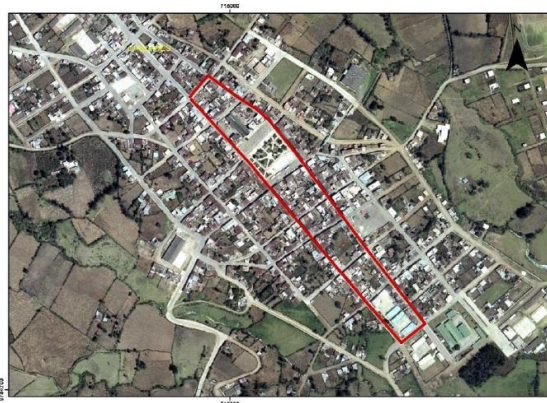
Tabla 1-3: Localización de la Parroquia Chillanes

CONTINENTE	América
PAÍS	Ecuador
CANTÓN	Chillanes
ALTITUD	2680 m.s.n.m
Localización Coordenadas UTM	Sur 9872857 hasta 9756351 metros Norte 678594 hasta 742762 metros Este
Localización Coordenadas geográficas	Desde 1°8'59,4'' hasta 2°12'9,9'' de latitud Sur Desde 79°23'41,7'' hasta 78°49'2,2'' de longitud Oeste. 17M 76299

Fuente: (GAD CHILLANES, GESTIÓN DE RIESGOS, 2014-2019)

Elaborado por: Fernando Barragán, 2018

Fuente: (Cartografía de SENPLADES, 2015)



Fotografía 1-1: Centro de la Parroquia Chillanes
Fuente: (GAD CHILLANES, GESTIÓN DE RIESGOS, 2014-2019)

3.1.2 Clima De La Zona:

El Cantón Chillanes goza de gran variedad de climas que van desde el frío del Puntzucama páramos, hasta el cálido de las zonas subtropicales. Las configuraciones fisiográficas características del Cantón Chillanes permiten la aparición de varios microclimas en los que varía la temperatura y precipitaciones en cortas distancias y que determinan diferencias en los tipos de suelos.

La temperatura de Chillanes varía entre cálida, templada y fría, que corresponde a una altura que oscila desde los 100 hasta los 2680 m.s.n.m. sujeto a las masas de aire que ascienden por los flancos de las cordilleras. La temperatura promedio de la Parroquia Chillanes es de 13 °C; hacia el sur del cantón la temperatura es 20 - 23°C mientras que, en la Parroquia San José del Tambo, la temperatura media anual es de 24°C. (GAD CHILLANES, GESTIÓN DE RIESGOS, 2014-2019)

3.1.3 Cuencas Hidrográficas:

Las principales cuencas hídricas que se han identificado para la distribución del agua potable hacia la parroquia Chillanes son provenientes de los ríos Dulce pamba, El Atio, San Antonio, San Jacinto, La Marcelina, El Garzón, Estero del Cerro; debido a su gran importancia para la subsistencia del ser humano, es vital la conservación de las fuentes hídricas en mención, siendo consideradas fuentes de alta conservación.

Debido a la deficiente cantidad de agua para el consumo humano del Cantón Chillanes y la falta de procesos de tratabilidad, El GADMCH y la Jefatura de Agua Potable reportan que en la cabecera cantonal 926 familias disponen del servicio de agua potable y 836 familias de servicio

de alcantarillado, mientras que en la parte alta del Barrio Bellavista no dispone del servicio de agua potable. Además, también se reporta que los sectores de Quilayacu 44 familias, Loma de la Cruz 34 familias y Anispamba 12 familias; no disponen el servicio de alcantarillado razón por la cual los focos de contaminación son altos. (GAD CHILLANES, GESTIÓN DE RIESGOS, 2014-2019)

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 Determinación del Caudal

Para determinar el caudal se llevó a cabo mediante un método volumétrico debido a que no produce gran cantidad de agua residual, por esta razón se estableció dicho método lo cual seguimos los siguientes pasos:(Instituto de Hidrología, 2017)

- Para realizar las aforaciones fue necesario identificar el lugar más idóneo que permita la medición del caudal de manera directa, utilizando un recipiente con un volumen conocido en este caso un balde de 11 litros y cronómetro que permita cuantificar el tiempo que tarda el balde en ser llenado
- Las aforaciones se realizaron durante todo el mes de noviembre en la descarga 1 y 2 respectivamente, el cual se determinó en el horario de 06h30 hasta las 19h00 con intervalos de tiempo de media hora.
- Para determinar el caudal general se realizó mediante tabulación promedio de los datos del caudal obtenidos por el método volumétrico

Tabla 2-3: Aforo caudal Ángel Estrada

Mes: Noviembre							
DESCARGA 1: ANGEL ESTRADA							
Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Hora	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)
6:30	2,3	2,3	2,7	2,27	2,26	2,02	2,8
7:00	2,55	2,55	2,56	2,6	2,06	2,56	2,56
7:30	2,29	2,26	2,43	2,87	2,76	2,65	2,65
8:00	2,7	2,7	2,7	2,56	2,16	2,13	2,3
8:30	2,56	2,56	2,56	2,46	2,17	2,1	2,6
9:00	2,43	2,43	2,43	2,45	2,18	2,42	2,84
9:30	2,65	2,65	2,65	2,06	2,3	2,56	2,29
10:00	2,37	2,3	2,37	2,3	2,55	2,15	2,41
10:30	2,15	2,31	2,7	2,55	2,58	2,3	2,9
11:00	2,25	2,55	2,56	2,88	2,7	2,55	2,3
11:30	2,14	2,88	2,43	2,7	2,56	2,88	2,32
12:00	2,16	2,7	2,65	2,56	2,3	2,7	2,43
12:30	2,3	2,56	2,37	2,43	2,55	2,56	2,65
13:00	2,55	2,3	2,15	2,65	2,88	2,43	2,37
13:30	2,23	2,55	2,25	2,37	2,7	2,65	2,56
14:00	2,7	2,88	2,14	2,56	2,56	2,37	2,43
14:30	2,56	2,7	2,16	2,43	2,43	2,43	2,65
15:00	2,3	2,56	2,3	2,3	2,3	2,65	2,12
15:30	2,55	2,3	2,55	2,55	2,55	2,37	2,38
16:00	2,18	2,55	2,88	2,27	2,6	2,56	2,3
16:30	2,7	2,12	2,65	2,7	2,7	2,43	2,55
17:00	2,56	2,7	2,37	2,56	2,56	2,65	2,88
17:30	2,43	2,56	2,56	2,43	2,43	2,37	2,7
18:00	2,65	2,43	2,43	2,65	2,65	2,21	2,56
18:30	2,37	2,65	2,65	2,37	2,37	2,35	2,12
19:00	2,28	2,37	2,5	2,26	2,17	2,2	2,65
Promedio	2,42	2,22	2,49	2,49	2,46	2,43	2,51
Promedio Aforo semanal	2,43						

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Tabla 3-3: Aforo de Caudal Guayas y García Moreno

Mes: Noviembre							
DESCARGA 2: CALLE GUAYAS Y GARCIA MORENO							
Días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Hora	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)	Q(L/s)
6:30	4,47	4,6	4,75	4,35	4,56	4,72	4,8
7:00	4,4	4,72	4,35	4,54	4,15	4,36	4,47
7:30	4,35	4,38	4,36	4,62	4,45	4,56	4,4
8:00	4,36	4,74	4,56	4,29	4,25	4,6	4,35
8:30	4,56	4,2	4,36	4,32	4,35	4,72	4,36
9:00	4,6	4,15	4,56	4,58	4,54	4,38	4,56
9:30	4,72	4,45	4,6	4,74	4,39	4,74	4,45
10:00	4,38	4,15	4,72	4,75	4,35	4,56	4,72
10:30	4,74	4,15	4,72	4,56	4,47	4,15	4,32
11:00	4,2	4,45	4,38	4,6	4,4	4,45	4,58
11:30	4,15	4,25	4,74	4,72	4,35	4,32	4,74
12:00	4,45	4,35	4,2	4,38	4,36	4,58	4,75
12:30	4,25	4,54	4,15	4,74	4,56	4,74	4,56
13:00	4,35	4,35	4,45	4,2	4,36	4,58	4,6
13:30	4,54	4,36	4,42	4,15	4,56	4,74	4,72
14:00	4,62	4,56	4,36	4,45	4,6	4,75	4,38
14:30	4,29	4,36	4,32	4,15	4,72	4,56	4,35
15:00	4,32	4,56	4,58	4,45	4,38	4,6	4,36
15:30	4,58	4,6	4,74	4,25	4,74	4,72	4,56
16:00	4,74	4,72	4,75	4,32	4,2	4,38	4,36
16:30	4,75	4,38	4,56	4,58	4,15	4,56	4,58
17:00	4,56	4,74	4,6	4,74	4,45	4,6	4,74
17:30	4,6	4,2	4,72	4,75	4,25	4,72	4,75
18:00	4,72	4,15	4,38	4,56	4,35	4,38	4,56
18:30	4,38	4,58	4,51	4,6	4,54	4,74	4,6
19:00	4,74	4,46	4,78	4,72	4,34	4,2	4,72
Promedio	4,49	4,43	4,52	4,38	4,42	4,15	4,38
Promedio Aforo semanal		4,40					

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Tabla 3-3: Caudal promedio del agua residual

MESES DE MEDICIÓN DE CAUDALES	MEDICIÓN DE CAUDALES PROMEDIO
NOVIEMBRE	Q (L/s)
Descarga 1: Ángel Estrada	2,43
Descarga 2: Guayas y García Moreno	4.40
PROMEDIO MENSUAL	6.83

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Determinación de la Temperatura IN SITU

La temperatura fue tomada de forma aleatoria con un termómetro de mercurio de 50 °C

Tabla 5-3: Temperatura IN SITU

Muestra	1	2	3	4	5
Temperatura °C	14.5	15.1	13.2	14.8	15.2

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.2.2 Método de Muestreo

La ejecución del muestreo del agua residual es una actividad que se realiza con el propósito de identificar la composición de dicha agua, por tal motivo es necesario que la muestra tomada sea realmente representativa (RAS, 2000)

3.2.2.1 Procedimiento de la recolección de muestra

- El muestreo se realizó de manera manual considerando que las descargas no presentan dificultad para ser tomadas.
- Para la caracterización del agua residual se debe realizar por lo menos cinco jornadas de medición y muestreo por día, el muestreo debe realizar en diferentes días por lo menos unos 3 días como mínimo, para conocer en qué días existe más contaminación.
- Las recolecciones de muestras son compuestas ya que una sola muestra simple puede ser insuficiente cuando se desea un cierto nivel de confianza
- Para los análisis físico – químico deben recolectarse 2 litros de agua para los ensayos del laboratorio, no se debe utilizar la misma muestra para los análisis microbiológicos ya que

los métodos de muestreo y manipulación son diferentes, por lo que necesario recolectar dos muestras diarias.

- Las muestras son recolectadas en recipientes de vidrio de ámbar para realizar la caracterización física y química del agua residual.
- Recipientes de ámbar resistentes al calor para la caracterización microbiológica. (NTE INEN 2 169:98)

Tabla 4-3: Toma de muestra de agua residual

Días	Nº muestras	Hora	Lugar
Lunes	3	6:30am 12:00pm 17:00pm	Descarga al río Lambran
Miércoles	3	6:30am 12:00pm 17:00pm	Descarga al río Lambran
Viernes	3	6:30am 12:00pm 17:00pm	Descarga al río Lambran
Domingo	3	6:30am 12:00pm 17:00pm	Descarga al río Lambran
Total de muestras	12		

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.2.3 Características de aguas residuales

3.2.3.1 Aguas Residuales Municipales (ARM)

Son los residuos líquidos provenientes principalmente de viviendas y se mezclan con aguas residuales industriales transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

Su composición es heterogénea tanto química como física; Es por eso que dentro de los compuestos orgánicos encontramos: carbohidratos, proteínas y lípidos, también existen compuestos inorgánicos como: papel, tierra, residuos de materiales, sales. Y finalmente en la

composición microbiológica se revela la presencia de virus, algas, protozoos, bacterias, hongos e insectos. (METCALF., & EDDY. , 2005)

3.2.3.2 Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales

Las aguas residuales presentan características únicas por lo que es necesario realizar la evaluación de cada parámetro en el laboratorio de esta manera conoceremos los parámetros físicos- químicos y microbiológicos que se encuentran presentes en el agua. (Crites&Tchobanoglous, 2014)

Tabla 5-3: Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales

CARACTERISTICAS FÍSICAS		
PRUEBA	ABREVIATURA	USO O SIGNIFICADO DEL RESULTADO
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad del agua residual tratada
Temperatura	°C	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológico.
Sólidos totales disueltos	SDT(ST-SST)	Estimar la reutilización potencial del agua residual
Sólidos sedimentables	.....	Determinar aquellos solidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico
Sólidos suspendidos totales	SST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento
Conductividad eléctrica	CE	Estimar si el efluente tratado es apto para uso agrícola
Olor	NUO	Determina si el olor es un problema
CARACTERISTICAS QUÍMICAS ORGÁNICAS		
Demanda biológica de oxígeno	DBO5	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda química de oxígeno	DQO	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO
CARACTERISTICAS BIOLOGICAS		

Organismos coliformes	NMP(número más probable)	Estimar la presencia de bacterias patógenas y la eficiencia del proceso de desinfección.
-----------------------	--------------------------	--

FUENTE: (Crites&Tchobanoglous, 2014)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Tabla 6-3: Definición de parámetros físicos

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
TEMPERATURA	Se la consideraba como el factor de medida para poder determinar la energía térmica como contaminante. Dentro del agua residual este parámetro suele ser más elevado debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas e industrias.
OLOR	El agua residual reciente posee un olor desagradable. Generalmente es producido por el ácido sulfúrico (H_2S) provenientes de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros.
COLOR	Es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. Las aguas residuales frescas poseen un color grisáceo y a medida que el agua aumenta su tiempo de transporte en las redes de alcantarillado su color cambia de gris oscuro a negro debido a la formación de sulfuros metálicos
TURBIEDAD	Permite determinar la calidad del agua vertida o del agua natural en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.
SOLIDOS	Son todas aquellas partículas que se encuentran en suspensión, colídales y disueltos.
MATERIA FLOTANTE	Se refiere a la materia en suspensión presente en el agua residual. Incluye compuestos orgánicos, volátiles y materia inorgánica

FUENTE: (VALENCIA, 2013)

Realizado por : Fernando Barragán, 2018

Tabla 7-3: Definición de Características Químicas

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
POTENCIAL HIDROGENO(pH)	Es el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Se lo considera como el factor de medida para poder determinar los iones de hidrogeno como contaminantes.
NITRÓGENO (N)	Es un nutriente esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas. Es un parámetro necesario para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por procesos biológicos.
FÓSFORO (P)	Es un elemento esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas. Está presente en diferentes formas: orto fosfatos, poli fosfatos, y fosfatos orgánicos, siendo este último un nutriente indispensable de los microorganismos en el tratamiento biológico de las aguas residuales.
Aceites y Grasas	Son sustancias insolubles en el agua y solubles en solventes orgánicas como por ejemplo el hexano. Están formados por carbono, hidrogeno y oxígeno. Pueden ser de origen vegetal, animal o mineral y flotan en el agua en forma de películas o natas. De origen vegetal y animal son biodegradables y pueden ser tratadas con facilidad con plantas de tratamiento biológico.
METALES PESADOS	Son un grupo de elementos que poseen una densidad relativa del metal mayor de 4 o 5. Incluyen: plata, bario, cadmio, cobre, zinc, cromo, cobalto, níquel, plomo, hierro, mercurio, titanio, vanadio, manganeso y otros.
DETERGENTES (Agentes Tenso activos)	Son compuestos constituidos por moléculas orgánicas polares, grandes y solubles en aguas y aceites. Tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos.

FUENTE: (VALENCIA, 2013)

Realizado por : Fernando Barragán, 2018

3.2.3.3 Caracterización Físico- Químico y Microbiológico del agua residual de la Parroquia Chillanes.

Para realizar la caracterización se tomaron 3 muestras por día, los días que se consideraron fueron los de mayor movimiento comercial, por lo tanto, los caudales eran diferentes debido a la disminución de la actividad comercial.

Preliminarmente para realizar la caracterización se determinó con un Turbidímetro, obteniendo parámetros de campo como pH, Conductividad, Temperatura, Turbidez, los cuales fueron caracterizados cada media hora durante el transcurso de un día, considerando los datos obtenidos podremos determinar las horas con mayor contaminación.

El agua residual considerada como muestra compuesta debido a que es una mezcla de agua obtenida de las dos descargas establecidas en la parroquia Chillanes se caracterizó en el Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

- Parámetros analizados

Por medio de experimentos de laboratorio y de campo se caracterizó las propiedades físico-química y microbiológica del agua residual, obteniendo datos los cuales fueron tabulados con la finalidad de adquirir las variables que aporten al diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, cabe recalcar que se realizó un análisis de las muestras y de esta manera comparar, con lo establecido e identificar los parámetros con el ACUERDO MINISTERIAL 097-A, publicado en el Registro Oficial N° 387 del 4 Noviembre del 2015 TABLA 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, los cuales fueron establecidos y se procedió a identificar los parámetros fuera de norma para buscar la mejor tratabilidad y cumplir con lo establecido en el reglamento de la Normativa Ambiental

Tabla 8-3: Caracterización Físico- Químico y Microbiológico del agua residual de la Parroquia Chillanes.

REPORTE DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN CHILLANES				
ENSAYOS FÍSICOS QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE PERMISIBLE
Temperatura	2550-B	°C	17.2	....
Potencial Hidrógeno	4500-B	....	7.03	6-9
Aceites y Grasas	5520-B	mg/L	148	30
Color	2120-C	Pt/Co	865	-

Conductividad	2510-B	USiems/cm	820	-
Coliformes Fecales	INEN 1529-8	NMP/100m l	27.000	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅	5210-B	mg/L	183	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	5220-B	mg/L	383	200
Hierro	3500-Fe-D	mg/L	1.45	10
Turbiedad	2130-B	UNT	144	-
Sólidos Totales	2540-B	mg/L	1030	1600
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D	mg/L	150	130
Nitrógeno Amoniacal	4500-NH ₄ -C	%	19	30

FUENTE: (Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, 2018)

Realizado por : Fernando Barragán, 2018

3.2.3.4 Indicadores de contaminación orgánica

- *Materia Orgánica (DQO y DBO₅)*

Formada por sólidos provenientes de varios residuos de animales, plantas y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos. En las aguas residuales se encuentran: Aceites y Grasas (10%), Proteínas (40-60%) e Hidratos de Carbono (25-50%), también la materia orgánica está presente en un 75% en los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos un 40%.

- *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)*

“Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua. El DBO determina la concentración de la materia orgánica en 5 días a temperatura de 20°C en oscuridad y con agitación. En aguas residuales domésticas, durante cinco días representa un 70% del total de la materia oxidable”. (FAIR, Gordon. & otros.I., 1988)

- *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

Se considera la cantidad de oxígeno necesario para la producir una reacción de oxidación química (destrucción) de la materia orgánica obteniendo CO₂+H₂O. Además, el parámetro de DQO cuantifica tanto la materia orgánica biodegradable como la materia orgánica no biodegradable por esta razón la DQO es mayor que la DBO.

La Proporción entre el DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno en una prueba de 5 días) y la DQO son indicadores determinantes de tratamientos a seguir en el agua residual ya que existe una relación directa entre ambos parámetros

Tabla 9-3: Relación entre parámetros DBO5 Y DQO

DQO/DBO₅	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
<1.5	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
1.5<x<10	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
10<	Poco biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

FUENTE: (Cisterna&Peña, 2015)

Realizado por : Fernando Barragán, 2018

3.2.4 Pruebas de Tratabilidad

3.2.4.1 Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad es importante determinar para elegir el tipo de tratamiento que vamos a someter al afluente ya sea este un tratamiento físico-químico o biológico, proveniente de las descargas de la parroquia Chillanes ya anteriormente mencionadas.

La caracterización del afluente de la Parroquia Chillanes fue analizado con la finalidad de determinar los parámetros fuera de la normativa vigente y de esta manera buscar el mejor método para nuevamente recuperar las características del agua que están establecidas en el ACUERDO MINISTERIAL 097A (TULSMA) TABLA 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, cabe mencionar que los principales indicadores de contaminación en el agua residual son los parámetros de DQO y DBO₅

Tabla 10-3: Biodegradabilidad de la Muestra

Parámetro	Unidad	Resultado agua residual	Límites máximos permisibles
DQO	mg/L	383	200,0
DBO ₅	mg /L	183	100,0

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

$$Indice = \frac{DQO}{DBO_5}$$

$$Indice = \frac{383}{183}$$

$$Indice = 2.09$$

La relación del índice de biodegradabilidad de las muestras de agua residual dio un valor de **2.09** a una temperatura aproximada de 17.2°C, lo que nos muestra que la relación entre de DQO/ DBO5 es favorable para realizar un tratamiento físico químico puesto que la descomposición por un tratamiento biológico sería muy difícil debido a que los microorganismos necesitan condiciones específicas.

Con los resultados obtenidos se optó por un tratamiento Físico - Químico que teóricamente debería mostrar una buena eficiencia en la tratabilidad de las aguas residuales, puesto que la relación DQO/ DBO₅ nos permite estar seguros del tratamiento Físico- Químico y tenemos la certeza que va a ser un método adecuados para estas aguas residuales.

3.2.4.2 Test de Jarras (Dosificación)

Las pruebas de tratabilidad se realizaron por medio del proceso de precipitación química con coagulantes, en donde fue necesario aplicar un test de jarras que es comúnmente utilizado para tratar aguas de origen residual debido a que por medio de coagulantes ya sea sulfato de aluminio, poli cloruro de aluminio, cloruro férrico, y con una concentración óptima se puede formar un floc y de esta manera eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua residual, validando así la recuperación de las características del agua.

La coagulación puede entenderse como la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancia químicas que son los coagulantes. Esta operación se efectúa en unidades y tanques de mezcla rápida, en los cuales el agua se somete a agitación muy intensa para

formar una solución homogénea de los coagulantes con el agua en el menor tiempo posible. (Carlos, 1995, p. 115)

Este proceso se usa para:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no se puede sedimentar rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente
- Eliminación de bacteria, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destrucción de algas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor, en algunos casos de precipitados químicos suspendidos en otros.

Test de Jarras a nivel de Laboratorio

a) Dosis Aproximada

Para efectuar el test de jarras se trabajó con tres coagulantes diferentes con la finalidad de escoger el mejor coagulante en función de la concentración más aproximada, cabe mencionar la turbiedad oscila entre el rango de 140-200 NTU, en primer lugar se trabajó con Cloruro Férrico (FeCl_3), Sulfato de Aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ y $\text{PAC}, [\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ todos con una concentración madre de 10.000 ppm (1%), además se utilizó, una pipeta de 10 ml, pH metro, Turbidímetro, un equipo de test de jarras y vasos de precipitación de 1000mL. A continuación se detallan los resultados obtenidos con cada coagulante.

Tabla 11-3: Tratabilidad con prueba de Jarras con Cloruro Férrico

T=17.2°C Turbiedad inicial 144 NTU, rango de pH inicial=7.03 Cloruro Férrico (1%) 10.000ppm							
Concentración (mg/L)	Ph	Dosificación (mL)	Turbiedad Final (NTU)	Color (PtCo)	Sólidos en Suspensión (mg/L)	STD (mg/L)	% Remoción
14	7.50	1.40	12.51	133	13	44	91.31
28	7.51	2.80	7.60	93	8	44	94.72
43	7.68	4.30	4.50	82	12	56	96.8
57	7.69	5.70	3.37	61	7	52	97.65

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

Tabla 12-3: Tratabilidad con prueba de Jarras con Sulfato de Aluminio

T=17.2°C Turbiedad inicial 144 NTU, rango de pH inicial=7.03 Sulfato de Aluminio (1%) 10.000ppm							
Concentración (mg/L)	Ph	Dosificación (mL)	Turbiedad Final (NTU)	Color (PtCo)	Sólidos en Suspensión (mg/L)	STD (mg/L)	% Remoción
28.5	7.62	2.85	14.42	141	12	54	89.98
43	7.70	4.30	11.24	127	12	58	92.20
57	7.35	5.70	8.70	96	9	60	96.8
71	7.55	7.10	2.20	62	9	62	98.47

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

Tabla-13-3 Prueba de Jarras con PAC

T=17.2°C Turbiedad inicial 144 NTU, rango de pH inicial=7.03 Poli cloruro de Aluminio (1%) 10.000ppm							
Concentración (mg/L)	Ph	Dosificación (mL)	Turbiedad Final (NTU)	Color (PtCo)	Sólidos en Suspensión (mg/L)	STD (mg/L)	% Remoción
10	6.58	1	47.7	266	32	63	66.87
15	6.81	1.5	19.5	173	19	63	93.95
28.5	7.53	2.85	2.46	75	8	35	98.29
43	7.45	4.30	1.94	73	7	37	98.65
50	7.48	5	1.80	72	6	36	98.75
57	7.48	5.70	2.20	59	6	40	98.47

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

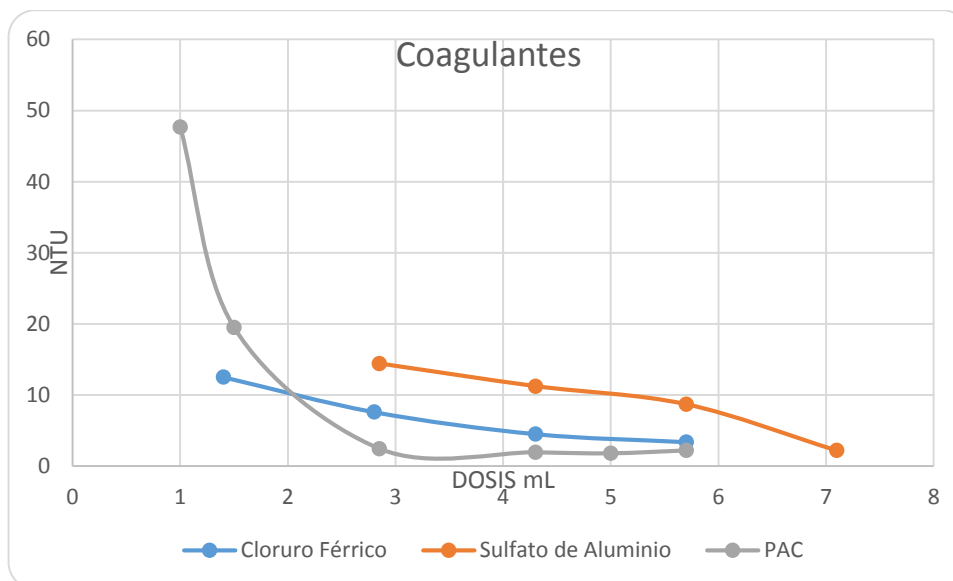


Gráfico 1-3: Comparación de Coagulantes

Realizado por: Fernando Barragán 2018

Los resultados permiten identificar al Poli cloruro de Aluminio (PAC) como el mejor coagulante en comparación al Cloruro Férrico y al Sulfato de Aluminio, en función de la turbidez, por tal motivo es el coagulante a utilizar para la tratabilidad.

b) pH óptimo de Coagulación

Se considera que el pH de aguas crudas debe estar comprendido entre 6.5 y 8.5 y de aguas tratadas debería estar entre 6.5 y 9. Por lo general este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. El pH tiene una gran influencia en la coagulación. Valores por encima o debajo del pH óptimo producen malos resultados.

El valor del pH es uno de los factores de mayor importancia y efecto sobre el proceso de coagulación, el pH afecta la solubilidad de los precipitados formados por el hierro y el aluminio, así como el tiempo requerido para formación de floc y la carga sobre las partículas coloidales. El pH óptimo para la remoción de coloides negativos varía según la naturaleza del agua, aunque usualmente se encuentra entre 5 y 6,5.

Los coagulantes metálicos son muy sensibles al pH y a la alcalinidad. Si el pH no está dentro del intervalo adecuado, la clarificación es pobre y pueden solubilizarse el hierro o el aluminio y generar problemas al usuario del agua. Cuanto menos sea la dosis de coagulante, tanto mayor será la sensibilidad del flóculo a cambios de pH (ARBOLEDA, 2000)

Tabla 14-3: Variaciones de pH con ácido y bases

T=17.2°C Turbiedad inicial 144 NTU, PAC (1%) 10.000ppm					
Ajuste de pH	Volumen de ácido o base(mL)	Ph	Dosificación PAC (mL)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
baja de pH					
H ₂ SO ₄ 0.1N	20	5.40	1	47.7	66.87
H ₂ SO ₄ 0.1N	3	6.89	20	4.80	96.66
H ₂ SO ₄ 0.1N	4	6.60	30	9.64	93.30
H ₂ SO ₄ 0.1N	5	6.5	5	22.6	84.30
H ₂ SO ₄ 0.1N	6	6.21	40	23.60	83.61
pH normal del agua residual					
...	...	7.00	5.70	2.20	98.47
...	...	7.03	5	1.80	98.75
...	...	7.04	4.30	1.94	98.65
suba de pH					
CAL 10%	0.5	7.58	10	6.26	95.65
CAL 10%	0.4	7.68	11	7.40	94.86
CAL 10%	0.4	7.70	16	9.30	93.54
Cal 10%	1	7.81	2.5	18.36	87.25
Na(OH) 10N	0.5	8.26	4	90.5	37.15
Na(OH) 10N	0.8	9.18	4	112.5	21.87

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

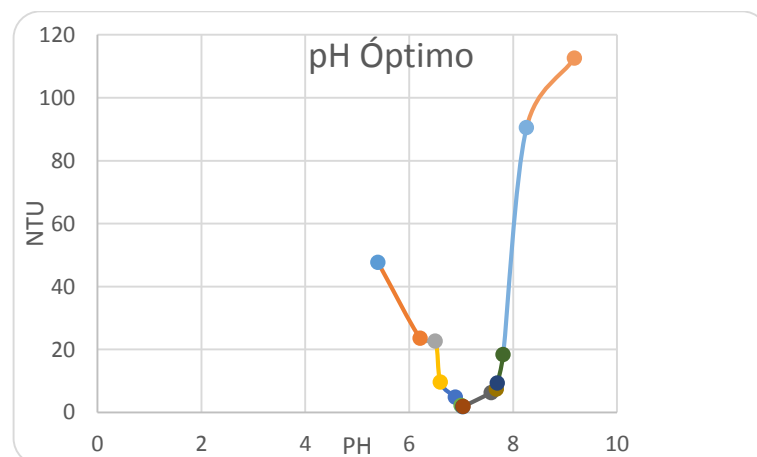


Gráfico 2-3: Identificación de pH Óptimo en función de la turbiedad

Realizado por: Fernando Barragán 2018

Una vez realizada las modificaciones al pH del agua cruda que tiene como objetivo encontrar el pH óptimo podemos evidenciar que el pH más apropiado para la dosificación de menor coagulante es el pH 7, puesto que tiene una gran influencia en la coagulación.

c) Dosis optima

Para desestabilizar las partículas coloidales, se lleva a cabo el proceso de coagulación-floculación que consiste en la aglomeración de las partículas coloidales presentes en el agua formando pequeños gránulos con un peso específico superior al del agua llamados floc. La carga eléctrica de la superficie de las partículas coloidales es el factor que contribuye, en mayor medida, a su estabilidad a largo plazo puesto que las partículas que tendrán tendencia a formar aglomerados son repelidas mutuamente por sus cargas eléctricas. (STEEL & MCGHEE, 1991)

en la coagulación ocurre la desestabilización de estas partículas suspendidas, o sea la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas, mientras que en el proceso de floculación ocurre el transporte de ellas dentro del líquido para que las partículas ya desestabilizadas choquen unas con otras para formar coágulos mayores; de esta forma las partículas sedimentan y ocurre la remoción de los materiales en suspensión, lo que permite que el agua alcance las características físicas y organolépticas adecuadas para ser llamada potable.(VALENCIA, Jorge Arboleda)

Este proceso se realiza para lograr la desestabilización de partículas coloidales, para quitar los coloides del agua, la mejor solución es realizar como primer paso una coagulación de las partículas con un agente coagulante y comienza en el mismo instante en que se agrega el coagulante al agua y dura fracciones de segundos. (Universidad Libre Pereira, 2011)

Tabla 15-3: Dosis optima de Coagulación

T=17.2°C Turbiedad inicial 144 NTU, rango de pH inicial=7.03 Poli cloruro de Aluminio (1%) 10.000ppm							
Concentración (mg/L)	Ph	Dosificación(mL)	Turbiedad Final (NTU)	Color (PtCo)	Sólidos en Suspensión (mg/L)	STD (mg/L)	% Remoción
10	6.58	1	47.7	266	32	63	66.87
15	6.81	1.5	19.5	173	19	63	93.95
28.5	7.53	2.85	2.46	75	8	35	98.29
43	7.45	4.30	1.94	73	7	37	98.65

50	7.48	5	1.80	72	6	36	98.75
57	7.48	5.70	2.20	59	6	40	98.47
80	7.50	8	4.25	64	12	39	97.04
90	7.52	9	6.52	66	13	41	95.47
100	7.58	10	6.26	66	13	38	95.65
110	7.68	11	7.40	65	16	42	94.86
160	7.70	16	9.30	71	18	51	93.54
200	6.89	20	4.80	63	16	40	96.66
300	6.60	30	9.64	71	19	48	93.30
400	6.21	40	23.60	180	21	65	83.61
500	5.68	50	31.80	250	30	60	77.91

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

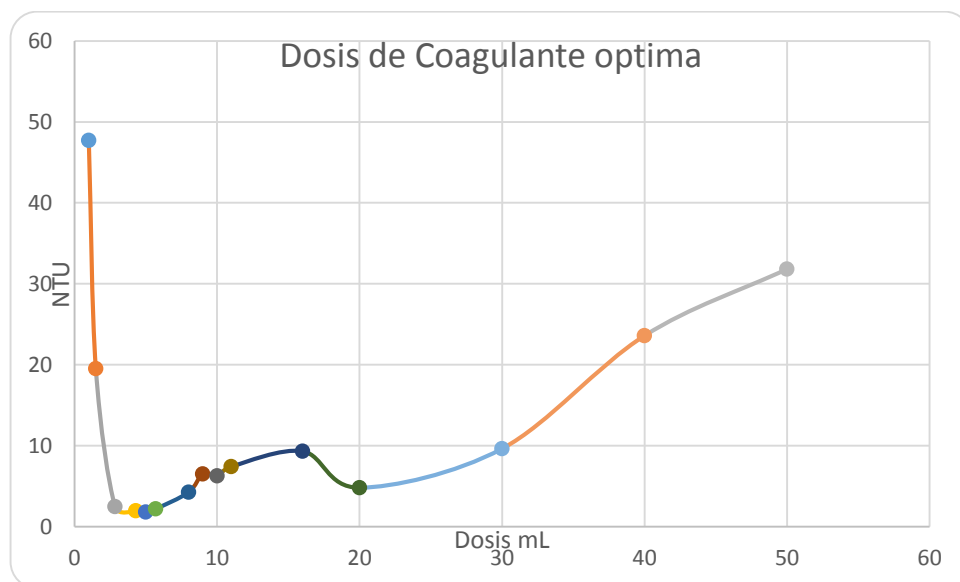


Gráfico 3-3: Dosis Óptima de Coagulante

Realizado por: Fernando Barragán 2018

d) Revoluciones por Minuto (rpm)

Para evaluar la dosis óptima de coagulantes, se realizaron ensayos previos en los cuales se establecieron condiciones de gradientes y tiempos de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación, las cuales permanecieron fijas en todos los ensayos según se indica en la tabla siguiente

Tabla 16-3: Condiciones de Tiempos y Gradientes

Condiciones de tiempos y Gradientes	Gradiente (rpm)	Tiempo (min)
Mezcla rápida	200	1
Mezcla lenta	50	5
Sedimentación	0	20

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, ESPOCH, 2018

Realizado por: Fernando Barragán 2018

3.2.5. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales

3.2.5.1 Determinación de la Población Futura

En la determinación de la población futura es recomendable utilizar el método aritmético, debido a que es aplicable a comunidades pequeñas brindando de esta manera datos más reales. Según los datos del INEC, Censos de población y vivienda 2010; la tasa de crecimiento en el Área Urbana del Cantón Chillanes de manera proyectada entre los años 2008 al 2025 es de 1.95% debido a que la Población Rural encuentra mejores condiciones de vida en el Sector Urbano razón por la cual migra hacia estos sectores. Además, el Diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales, requiere un tiempo estimado de vida útil de 15-30 años según lo que establece la Norma INEN 005-9-1(1992), razón por la cual el GAD MUNICIPAL DE CHILLANES sugiere un tiempo de vida útil de 15 años. (NORMA INEN 005-9-1, 1992)

Tabla 17-3: Distribución de la Población en el Área Urbana y Rural del Cantón Chillanes

AREA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	TOTAL PORCENTAJE
Cantón Chillanes (urbano)	1289	1.392	2.681	15 %
Cantón Chillanes (rural)	7.562	7.163	14.725	85 %
Total	8.851	8.555	17.406	100 %

Fuente: (INEC, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, 2010)

Realizado por: GADMCH- Componente Asentamientos Humanos

Tabla 18-3: Periodos de vida útil para Instalaciones de Tratamiento de Agua

Instalación	Vida útil, años
Redes de alcantarillado	20-40
Estructura de bombeo	20-40
Equipos de bombeo	10-25
Plantas de tratamiento	
Estructuras	20-40
Equipos	10-20
Conducciones Hidráulicas	20-40

Fuente: (METCALF., & EDDY., 1995)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

$$Pf = P_a(1 + rAt)$$

Ecuación 1

Donde:

P_a=Población actual (Hab): 2.681 hab (*Tabla 17-3: INEC 2010*)

r=Tasa de crecimiento anual en forma decimal (%): 1.95%

At=Periodo de diseño: 8 años

Calculo de la población futura:

$$Pf_a = P_a(1 + rAt)$$

$$Pf_a = 2681 * [1 + 0.0195(2018 - 2010)]$$

$$Pf_1 = 3099.24hab$$

$$Pf = P_{f1}(1 + rAt)$$

$$Pf = 3099.24 * [1 + 0.0195 * (2033 - 2018)]$$

$$Pf = 4005.76hab$$

Tabla 19-3: Poblaciones determinadas por año

N	Año	Habitantes
0	2018	3099.24
1	2019	3159.67
2	2020	3220.11
3	2021	3280.54
4	2022	3340.98
5	2023	3401.41
6	2024	3461.85
7	2025	3522.28
8	2026	3582.72
9	2027	3643.15
10	2028	3703.59
11	2029	3764.02
12	2030	3824.46
13	2031	3884.89
14	2032	3945.33
15	2033	4005.76

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.2.5.2 Determinación de caudales

Cálculo de la dotación del agua consumida a partir de la medición de caudal

En la determinación del caudal promedio del mes de noviembre, se determinó un caudal promedio de 6.83 L/s (ver tabla 4-1) que es equivalente a 590.11 m³/día. Para calcular la cantidad de agua que consume la Parroquia Urbana del Cantón Chillanes se empleará la siguiente fórmula

$$D_c = \frac{Q_{\text{Promedio}} * 1000 \text{ L/m}^3}{P_f}$$

Ecuación 2

Datos:

Dc=Dotación de agua consumida a partir de la medición del caudal (L/hab día)

Q_{promedio}=Caudal promedio (m³/día); 590.11 m³/día.

P_a = Población actual (hab): 3159.67 hab

$$D_C = \frac{590.11 \frac{m^3}{dia} * 1000 \frac{L}{m^3}}{3159.67 hab}$$

$$D_C = 186.76 \frac{L}{Hab * dia}$$

Calculo del caudal medio diario, Q_{md} :

El caudal medio diario (Q_{md}) es posible calcular mediante la ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_C * C}{86400}$$

Ecuación 3

Datos:

Q_{md} = Caudal medio diario (m^3/dia)

D_C = Dotación de agua consumida a raíz de la medición de caudal (L/hab día): 186.76 L/hab día

C = Coeficiente de retorno; 0.7

P_f = Población futura (hab); 4005.76 hab

$$Q_{md} = \frac{4005.76 hab * 186.76 \frac{L}{hab dia} * 0.7}{86400 s / dia}$$

$$Q_{md} = 6.06 \frac{L}{s}$$

Factor de Mayorización (F)

El factor de mayorización se calcula a partir:

$$F = 1 + \frac{14}{4\sqrt{P_f/1000}}$$

Donde:

F= Factor de mayorización

P_f= Población futura (hab); 4006 habitantes

$$F = 1 + \frac{14}{4\sqrt{4006/1000}}$$

$$F = 2.74$$

Caudal de Infiltración (Q_{INF})

El caudal de infiltración se calcula de acuerdo a los aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evaluación de aguas residuales de la Tabla 22-3

Tabla 20-3: Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales Nivel de Complejidad

Nivel de Complejidad del Sistema	Infiltración Alta (L/s*Ha)	Infiltración Media (L/s*Ha)	Infiltración Baja (L/s*Ha)
Bajo y medio	0,15-0,4	0,1-0,3	0,05-0,2
Medio Alto y alto	0,15-0,4	0,1-0,3	0,05-0,2

Fuente: Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000

$$Q_{INF} = \frac{0.05L}{sHa} * A$$

Datos:

Q_{INF}=Caudal de infiltración (L/s)

A= Área del parámetro sanitario (Ha)

$$Q_{INF} = \frac{0.05L}{sHa} * 30Ha$$

$$Q_{INF} = 1.5 \frac{L}{s}$$

Caudal de Conexiones erradas (L/s)

$$Q_{CE} = 10\%(Q_M * F + Q_{INF})$$

Ecuación 6

Datos:

Q_{CE} =Caudal de conexiones erradas (L/s)

Q_M= Caudal medio (L/s)

F= Factor de mayorización

Q_{INF}=Caudal de infiltración (L/s)

$$Q_{CE} = 0.10(6.06 * 2.74 + 1.5) \frac{L}{s}$$

$$Q_{CE} = 1.81 \frac{L}{s}$$

Calculo del caudal de diseño, Q_{diseño}:

$$Q_{diseño} = Q_M * F + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Ecuación 7

Datos:

Q_{diseño}= Caudal de diseño (L/s)

Q_{CE} =Caudal de conexiones erradas (L/s)

Q_M= Caudal medio (L/s)

F= Factor de mayorización

Q_{INF}=Caudal de infiltración (L/s)

$$Q_{diseño} = (6.06 * 2.74) + (1.5 + 1.81) \frac{L}{s}$$

$$Q_{diseño} = 19.91 \frac{L}{s}$$

Pre Tratamiento

3.2.5.3 Sistema de Rejillas

Cribado, es una operación que se realiza para retirar los sólidos suspendidos, siendo estos de gran tamaño puesto que vienen acarreados por el agua residual, eliminando materias flotantes mayores a 5 mm; contribuyendo de esta manera al mejoramiento de la planta siendo una operación eficiente.

Tabla 21-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual

Característica	limpieza mecánica	limpieza manual
Ancho de las barras	0,5-1,5 cm	0,5-1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5-7,5 cm	2,5-7,5 cm
Velocidad de acercamiento	0,6-1 m/s	0,3-0,6 m/s
Perdida de energía Permisible	15cm	15cm
Abertura o espaciamiento	1,5-7,5 cm	2,5-5,0 cm
Pendiente con la vertical	0°-30°	30°-45°

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Las rejillas pueden estar colocadas en agulos entre 45°-60° y estan formadas por barras paralelas separadas por una distancia entre 0,5- 5 cm dependiendo de las características de diseño con la finalidad de detener objetos solidos de gran tamaño.

De acuerdo a la limpieza existen dos tipos de rejillas:

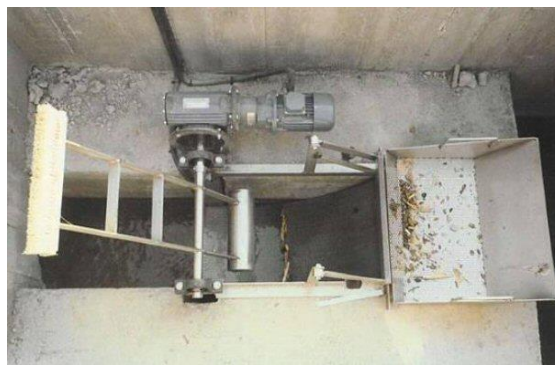
- *Rejillas de limpieza manual:*

Las rejillas de limpieza manual son frecuentemente utilizadas en plantas de tratamiento pequeñas o medianas su función es retener los sólidos de gran tamaño como: basura, residuos plásticos, etc.

Cabe recalcar que la finalidad de inclinar las rejillas es para facilitar la limpieza por el personal operativo.

- *Rejillas de limpieza mecánica:*

Se emplean en plantas de tratamiento de gran tamaño y que manipulan caudales elevados por tal razón es imposible realizar la limpieza manual, siendo necesaria la utilización de equipos mecánicos que contribuyan con esta, el principal inconveniente con las rejillas mecánicas es su elevado costo de construcción.



Fotografía 2-3: Accesorios para el proceso de cribado
Realizado por. Barragán Fernando, 2018

Dimensionamiento del sistema de rejillas

Área libre del paso de agua, A_L :

$$A_L = \frac{Q_P}{v}$$

Ecuación 8

Datos:

A_L =Área libre del paso de agua (m^2)

Q_P = Caudal punta; $0.019 m^3/s$

v = Velocidad de flujo; $0.60 m/s$ (Valor obtenido de la Tabla 23-3)

Tabla 22-3: Parámetros de Diseño para rejillas

Parámetro	Recomendado
-----------	-------------

Forma de barra	Rectangular
Ancho de barra	5-15
Espesor de barra	25-40
Abertura entre barras	25-50
Inclinación con la vertical	45-60°
Velocidad de aproximación	0,45 m/s
Tiempo de retención del canal de aproximación	>3s
Velocidad a través de las barras	< 0,6m/s para caudal promedio y < 0,9 m/s para caudal máximo
Perdida de carga	0,15

Fuente: (REYNOLDS, s.f.)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

$$A_L = \frac{0.019 \frac{m^3}{s}}{0.60 \frac{m}{s}}$$

$$A_L = 0.03m^2$$

Altura del tirante en el canal, h_{ar} :

El ancho del canal es de 0.8m, valor asumido por el GAD MUNICIPAL DE CHILLANES considerando el diámetro de la tubería de 315 mm de salida del desfogue del agua residual.

$$h_{ar} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 9

Datos:

h_{ar} =Altura del tirante en el canal (m)

A_L =Área libre del paso de agua (m²); 0.03m²

B =Ancho del canal (m); 0.8m

$$h_{ar} = \frac{0.03m^2}{0.8m}$$

$$h_{ar} = 0.03m$$

Altura del tirante de construcción, h_a :

$$h_a = h_{ar} + h_{T1} + h_s$$

Ecuación 10

Datos:

h_{ar} =Altura del tirante de construcción (m); 0.03m

h_{T1} =Altura de la caja de revisión (m); 1m (Valor considerado referente a la altura de cada revisión)

h_s =Altura de seguridad (m); 0.5m (Valor considerado referente a la altura de la cada revisión)

$$h_a = 0.03m + 1m + 0.5m$$

$$h_a = 1.53m$$

Longitud de las barras, L_b :

$$L_b = \frac{h_a}{\text{sen} \alpha}$$

Ecuación 11

Datos:

L_b =Longitud de las barras (m)

h_a =Altura del tirante de construcción (m); 1.53 m

α =Angulo de inclinación de las barras (grados); 60^0 (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$L_b = \frac{1.53m}{\text{sen} 60}$$

$$L_b = 1.75m$$

Numero de barras, N_b :

El valor de 0.8m del ancho del canal está asumido por la Dirección Técnica del GAD Municipal de Chillanes considerando el diámetro de la tubería de 110mm de la salida del desfogue del agua residual)

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 12

Datos:

B=Ancho del canal (m) ;0.8m

S=Separación entre las barras (m); 0.025m (Valor considerado de la Tabla 24-3)

e=Espesor de las barras (m); $1.27 \cdot 10^{-2}$ m (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$N_b = \frac{0.8m}{1.27 \cdot 10^{-2} m + 0.025}$$

$$N_b = 21.22 \cong 21 \text{ Barras}$$

Perdida de carga, en las barras H:

Para el cálculo de pérdida de carga se usan los siguientes datos (*ver Tabla 25-3*)

Tabla 23-3 Coeficiente de pérdida según la forma de las Rejillas

Sección transversal							
Forma de rejillas	A	B	C	D	E	F	G
β	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS., 2000)

Realizado por: Fernando Barragán 2018

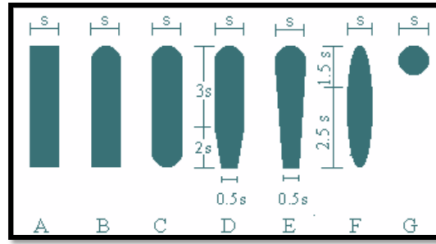


Figura 2-3: Formas de las Rejillas

$$H = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen} \alpha$$

Ecuación 13

Datos:

β =Factor dependiente de la forma de barras (adimensional); 1.79 (Valor considerado de la Tabla 25-3)

S =Separación entre las barras; 0.025m (Valor considerado de la Tabla 25-3)

e =Espesor de las barras; $1.27 \cdot 10^{-2} \text{m}$ (Valor considerado de la Tabla 24-3)

v = Velocidad de flujo; 0.60 (m/s) (Valor asumido Tabla 24-3.)

g =Gravedad; $9.8 \left(\text{m/s}^2 \right)$

α = Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$H = 1.79 \left(\frac{0.025 \text{m}}{1.27 \cdot 10^{-2} \text{m}} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{0.60^2 \text{ m/s}}{2(9.8) \text{ m/s}^2} \right) \text{Sen} 60$$

$$H = 0.070 \text{m} < 0.15 \text{m admisibles}$$

3.2.5.4 Canal de Entrada

Para este canal es de sección rectangular debido a su caudal que es pequeño

Tabla 24-3: Información típica para el diseño del canal.

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Datos
Caudal medio diario	Qmd	m^3/s	0,006492

Caudal de diseño	Qdiseño	m ³ /s	0,0163
Longitud del canal	L	m	1
Material del canal	-	-	Hormigón
Coefficiente de rugosidad de Manning	N	-	0,016
Base del canal(asumida)	B	m	0,5
Altura del canal (asumida)	H	m	0,6
Pendiente del canal	S	%	0,5
Altura de seguridad	Hs	m	0,5
Espesor de barras	H	mm	15-50
Perdida de carga admisible	Hf	m	0,015

Fuente: Normas Ecuatorianas para estudio y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales

Realizado por: Fernando Barragán 2018

Radio Hidráulico, RH:

$$RH = \frac{B * h}{B + 2h}$$

Ecuación 14

Donde:

RH= Radio Hidráulico (m)

h= Altura máxima del agua en el canal (m); 0.60m (Valor considerado de la Tabla 23-3)

B= Ancho del canal (m); 0.8m (Valor asumido)

$$RH = \frac{0.80m * 0.60m}{0.80m + 2(0.60m)}$$

$$RH = 0.24m$$

Velocidad media del canal, v:

La velocidad media es posible calcular mediante la rugosidad de Manning para el canal de entrada con respecto al material con el cual va a ser implementado.

Tabla 25-3: Coeficiente de rugosidad de Manning

Canales revestidos	<i>N</i>
Asbesto cemento	0.010
Cemento mortero (Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas)	0.013
Cemento pulido	0.011
Concreto áspero	0.016
Concreto liso	0.012
Mampostería	0.015
Piedra	0.025
Piedra sobre mortero	0.035
Membrana de plástico sumergida	20.027

Fuentes: (RAS, 2000) Sistema de Acueductos pg. 94

Realizado por: Fernando Barragán 2018

$$v_{md} = \frac{1}{n} RH^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 15

Donde:

V_{md} =Velocidad media del canal (m/s)

RH =Radio Hidráulico (m); 0.24m

S =Pendiente canal rectangular revestido de hormigón (Valor considerado de la Tabla 27-3)

n =Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional); 0.013 (Valor considerado de la Tabla 27-3)

$$v_{md} = \frac{1}{0.013} (0.24m)^{\frac{2}{3}} (0.0004)^{\frac{1}{2}}$$

$$v_{md} = 0.59 m/s$$

3.2.5.5 Desarenador de flujo horizontal

Los desarenadores son utilizados para la remoción de sólidos inorgánicos tales como arena, grava, partículas u otro material solido pesado, aprovechando el efecto de la gravedad sobre estos cuerpos además para reducir la frecuencia de limpieza de los digestores por excesiva acumulación de arenas.

Visto de esta manera los desarenadores protegen los otros procesos de la planta de agua residual del desgaste y reducen la formación de depósitos pesado en tuberías, canales y conductos. (Romero J, Rojas R., 2002)

Desarenadores de flujo horizontal tipo canal. - El agua residual circula a través de un canal horizontal que debe poseer velocidad controlada, para el caso es del orden de 0.3 m/s, proporcionando el tiempo suficiente para que las partículas de arena sedimenten en el fondo del canal. La velocidad es controla con las dimensiones del canal y el uso de vertederos con secciones especiales para el efluente. La extracción de arenas sedimentadas se realiza mediante un mecanismo transportador dotado de raspadores. Si la planta de tratamiento es pequeña, la remoción de arenas se hace en forma manual.

Zona de entrada y distribución del agua

- **Cámara de Aquietamiento:**

El ingreso del agua residual a la cámara de aquietamiento se lo debe realizar controlando la velocidad, ya que esto permite que el proceso tenga óptimas condiciones de operación, garantizando la retención de lodos, arenas, etc; asimismo el tiempo de retención puede estar entre 30 y 60 segundos.

- **Estructura de transición:**

Para esta zona el ángulo de divergencia debe ser menor de 30^0 para que la unidad desarenadora sea segura. Debido a que se encuentra ubicado entre la zona de salida de la cámara de aquietamiento y la entrada de la zona de sedimentación se debe realizar una transición paulatina para evitar el colapso del fluido

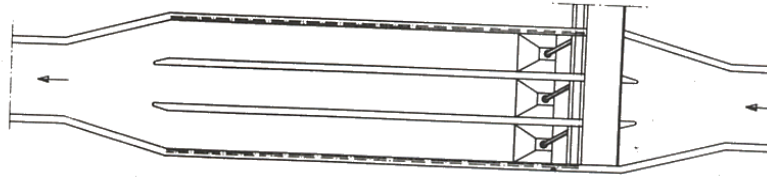


Figura 3-3: Desarenador de flujo horizontal

Fuente. (Romero J, Rojas R., 2002)

Tipos de desarenadores

- Desarenadores aireados
- Desarenadores cuadrados de flujo horizontal
- Desarenadores de flujo horizontal tipo canal
- Desarenadores rectangulares de flujo horizontal
- Desarenadores de vórtice

Dimensionamiento del tanque desarenador de flujo horizontal

Cálculo de la cámara de aquietamiento

Volumen de la cámara de aquietamiento, $V_{c.a.}$:

$$V_{c.a.} = \frac{Q_p}{t}$$

Ecuación 16

Datos:

$V_{c.a.}$ =Volumen de la cámara de aquietamiento (m^3)

Q_p = Caudal Punta (m^3/s); 0.019 m^3/s

t =Tiempo de retención (s); 35 s (*Valor sugerido por el GAD Municipal de Chillanes en base a ensayos de laboratorio*)

$$V_{c.a.} = \frac{0.019 \frac{m^3}{s}}{35s}$$

$$V_{c.a.} = 5.42 \cdot 10^{-4} m^3$$

Área superficial de la cámara de quietamiento, $A_{c.a.}$:

$$A_{c.a.} = \frac{Q_p}{V_a}$$

Ecuación 17

Datos:

$A_{c.a.}$ = Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2)

Q_p = Caudal Punta (m^3/s); $0.019 m^3/s$

V_a = Velocidad de ascenso (m/s); $0.050 m/s$ (*Valor tomado de los criterios de diseño y sugerido por el GAD Municipal de Chillanes*)

$$A_{c.a.} = \frac{0.019 \frac{m^3}{s}}{0.050 \frac{m}{s}}$$

$$A_{c.a.} = 0.38 m^2$$

Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento, $L_{c.a.}$:

$$B_{c.a.} = L_{c.a.} = \sqrt{A_{c.a.}}$$

Ecuación 18

Datos:

$L_{c.a.}$ = Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento (m)

$A_{c.a.}$ = Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2); $0.38 m^2$

$$B_{c.a.} = L_{c.a.} = \sqrt{0.38}$$

$$B_{c.a} = L_{c.a} = 0.61\text{m}$$

Profundidad útil de la cámara de aquietamiento, $P_{t.ca}$:

$$P_{t.ca} = P_{c.a} * f$$

Ecuación 19

Donde:

$P_{t.ca}$ =Profundidad total de la cámara de aquietamiento (m)

$P_{c.a}$ =Profundidad útil de la cámara de aquietamiento (m); 2m

f =Factor de seguridad (%); 10%

$$P_{t.ca} = 2\text{m} * 1.1$$

$$P_{t.ca} = 2.2 \text{ m}$$

Cálculo de la zona de sedimentación

Tabla 26-3: Propiedades Físicas del Agua a diferentes temperaturas

Temperatura T (°C)	Densidad (ρ) kg/m ³	Viscosidad Dinámica (μ*10 ⁶) N.s/m ²	Viscosidad Dinámica (θ*10 ⁶) m ² /s	Tensión Superficial (σ) N/m
0	999.8	1.781	1.785	0.0756
5	1000.0	1.518	1.519	0.0749
10	999.7	1.307	1.306	0.0742
15	999.1	1.139	1.140	0.0735
20	998.2	1.002	1.003	0.0728
25	997.0	0.890	0.893	0.0720
30	995.7	0.798	0.800	0.0710

Fuente: (METCRAFT /EDDY, 2015)

Realizado por: Barragán Fernando, 2018

Tabla 27-3: Grado de eficiencia de sedimentación del Desarenador, numero de Hazen.

Material	Régimen	Ley Aplicable	Límite de las partículas (cm)	Número de Reynolds	v_s
Grava	Turbulento	$v_s = 1,82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)}$ Newton	>1,0	>10000	100
Arena Gruesa	Transición	$v_s = 0,22 * \left(\frac{\rho_s - \rho_L}{\rho_L} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d}{\left(\frac{\mu}{\rho_L} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)$ Allen	0,100 0,080 0,060 0,050 0,040 0,030 0,020 0,015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10 8,3 6,4 5,3 4,2 3,2 2,1 1,5
Arena Fina	Laminar	$v_s = \frac{g}{18} (\rho_s - \rho_L) \frac{d^2}{\mu}$ Stokes	0,010 0,008 0,006 0,005 0,004 0,003 0,002 0,001	0,8 0,5 0,24 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	0,8 0,6 0,4 0,3 0,2 0,13 0,06 0,015

Fuente: (RAS, 2000)

Tabla 28-3: Propiedades del Agua a 20 C

Condiciones	Temperatura °C	Valor
Densidad del agua (g/cm ³)	20	0,9982
Viscosidad del agua (g/cm.s)	20	0,01009

Fuente: Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993

Velocidad de sedimentación

$$v_s = \frac{g(\rho_a - \rho)}{18\mu} * d^2_p$$

Ecuación 20

Datos:

V_s =Velocidad de sedimentación (cm/s)

g = Gravedad (cm/s²); 980cm/s²

ρ_s = Densidad relativa de la arena; 2.65(g/cm³)

ρ_L =Densidad relativa del agua a 20°C; 0.9982 g/cm³ (Valor considerado de la Tabla 28 -3)

d = Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.005 cm

μ =Viscosidad cinemática del agua a 15 °C; 0.01009cm²/s (Valor considerado de la Tabla 28 -3)

$$v_s = \frac{980(2.65 - 0.9982)}{18 * 0.01009} * 0.005^2$$

$$v_s = 0.22 \frac{cm}{s}$$

Numero de Reynolds, Re:

Es un numero adimensional que nos permite caracterizar el movimiento de un fluido, expresado mediante rangos: régimen turbulento >4000, de transición 2300-4000, y laminar <2300

$$Re = \frac{v_s * d}{\mu}$$

Ecuación 21

Datos:

Re = Numero de Reynolds (adimensional)

v_s = Velocidad de sedimentación (cm/s); 0.22 cm/s

d = Diámetro de las partículas a remover (cm); 0.005 cm (Valor considerado de la tabla 28-3)

μ =Viscosidad cinemática del agua a 15 °C; 0.01009 g/cms (Valor considerado de la Tabla 28-3)

$$Re = \frac{0.22 \frac{cm}{s} * 0.005 cm}{0.01009 \frac{cm^2}{s}}$$

$$Re = 0.11$$

Tiempo de sedimentación, ts:

Tabla 29-3: Diseño para desarenadores rectangulares de flujo horizontal

CARACTERÍSTICA	VALOR USUAL	UNIDAD	INTERVALO
Tiempo de retención para caudal pico	3	Min	2 – 5
Dimensiones:			
Profundidad	3	m	2 – 5
Ancho	3.5	m	2.5 – 7
Longitud	12	m	7.5 – 20
Relación Ancho - Profundidad	1.5:1	Razón	1:1 a 5:1
Relación Largo - Ancho	4:1	Razón	3:1 a 5:1

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

$$t_s = \frac{H}{V_s}$$

Ecuación 22

Datos:

t_s = Tiempo de sedimentación (s)

H = Altura del Desarenador (m); 3 m (Valor considerado de la Tabla 31-3, sugerido por el GAD Municipal de Chillanes)

v_s = Velocidad de sedimentación (m/s); 0.22cm/s

$$t_s = \frac{300 cm}{0.22 \frac{cm}{s}}$$

$$t_s = 1363s$$

Remoción con buenos deflectores

Tabla 30-3: Remoción de Depósitos

Condiciones		Remoción		
		87½%	50%	75%
1. Máximo teórico	0,875	0,500	0,750	
2. Depósitos utilizando buenos deflectores	2,750	0,760	1,660	
3. Depósitos utilizando deflectores deficientes o sin ellos	7,00	1,00	3,00	
4. Depósitos utilizando muy buenos de-flectores	2,370	0,730	1,520	

Fuente: Weston & Bogert

$$a = K * tr$$

Ecuación 23

Donde:

a= Remoción con buenos deflectores (s)

t_r=Tiempo de retención; 1363 s

K=Constante: 1.66 tabla 32-3 eficiencia 75%

$$a = 1.66 * 1363s$$

$$a = 2262.58s$$

Capacidad del Desarenador

$$Cd = Qp * a$$

Ecuación 24

Donde:

a= Remoción con buenos deflectores (s); 2262.58s

Q_p= Caudal de diseño; 0.019m³/s

$$Cd = 0.019m^3 / s * 2262.58s$$

$$Cd = 42.98m^3$$

Área superficial del desarenador, As:

$$As = \frac{Cd}{H}$$

Ecuación 25

Datos:

As= Área superficial desarenador (m²)

Cd=Volumen del desarenador (m³); 42.98 m³

H= Altura del desarenador (m); 3 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3, sugerido por la Dirección Técnica del GAD Municipal de Chillanes*)

$$As = \frac{42.98m^3}{3m}$$

$$As = 14.32m^2$$

Base del Desarenador

$$B_{ds} = \sqrt{\frac{As}{2}}$$

Ecuación 26

Donde:

B_{ds}= Base desarenador (m)

As= Superficie desarenador; 14.32 m²

$$B_{ds} = \sqrt{\frac{14.32}{2}}$$

$$B_{ds} = 2.67m$$

Largo del Desarenador

$$L_{ds} = B_{ds} * 2$$

Ecuación 27

Donde:

L_{ds}= Largo del Desarenador

B_{ds}= Base desarenador (m); 2.67m

$$L_{ds} = 2.67m * 2$$

$$L_{ds} = 5.34m$$

Área total del desarenador

$$A_{ds} = L_{ds} * B_{ds}$$

Ecuación 28

Donde:

A_{ds}= Área total del desarenador (m²)

L_{ds}= Largo del Desarenador (m); 5.32m

B_{ds}= Base desarenador (m); 2.67m

$$A_{ds} = 5.32m * 2.67m$$

$$A_{ds} = 14.20m^2$$

Volumen del desarenador

$$V_{ds} = A_{ds} * H$$

Ecuación 29

Donde:

V_{ds}= Volumen desarenador (m³)

A_{ds}= Área total del desarenador (m²); 14.20 m²

H= Altura del desarenador (m); 3 m (*Valor considerado de la Tabla 31-3, sugerido por la Dirección Técnica del GAD Municipal de Chillanes*)

$$V_{ds} = 14.20m^2 * 3m$$

$$V_{ds} = 42.60m^3$$

Carga Hidráulica

Es la carga que provoca el volumen de agua aplicado sobre una superficie por la cual esta vaya a pasar.

$$Q_{dh} = \frac{Qp}{As}$$

Ecuación 30

Datos:

Q_{dh}=carga hidráulica (m³/m² día)

A_s= Superficie desarenador; 14.32 m²

Q_p= Caudal de diseño; 0.019 m³/s

$$Q_{dh} = \frac{0.019 \frac{m^3}{s}}{14.32m^2}$$

$$Q_{dh} = 1.32 * 10^{-3} \frac{m^3}{m^2 dia}$$

Cálculo del caudal por línea del desarenador

Es la cantidad de líquido que va a fluir por cada desarenador

Datos:

Q_o= Caudal por línea del desarenador (m³/s)

Q_p= Caudal de diseño; 0.019 (m³/s)

N unidades= 2 ; por mantenimiento

$$Q_o = \frac{Q_p}{N_{unidades}}$$

Ecuación 31

$$Q_o = \frac{0.019 \frac{m^3}{s}}{2}$$

$$Q_o = 9.5 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Velocidad horizontal

$$V_{hds} = \frac{Q_o}{A_s}$$

Ecuación 32

Datos:

Q_o= Caudal por línea del desarenador (m³/s); 9.5*10⁻³ m³/s

A_s= Superficie desarenador; 14.32 m²

$$V_{hds} = \frac{9.5 * 10^{-3}}{14.32}$$

$$V_{hds} = 6.63 * 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Calculo de la zona de lodos

Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos, V^l:

$$V_L = V_d * V_{\%}$$

Datos:

V_L =Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos de cada desarenador (m^3)

V_d =Volumen útil de cada desarenador (m^3); 21.3 m^3

$V\%$ = Porcentaje acumulación de lodos en el canal de limpieza (%); 6% (*Valor sugerido por el GAD Municipal de Chillanes*)

$$V_L = 21.3m^3 * 0.06$$

$$V_L = 1.27m^3$$

Dimensiones del canal de limpieza de la zona de lodos

L_{cl} =Longitud del canal de limpieza (m); 1 m

H_{cl} =Alto del canal de limpieza (m); 1m

A_{cl} = Ancho del canal de limpieza (m); 1.33m

Remoción de DBO_5 y sólidos suspendidos

La eficiencia de remoción del DBO_5 y sólidos suspendidos, se encuentra en función de la concentración del efluente y del tiempo de retención.

Tabla 31-3: Valores de las constantes empíricas a y b Variable

Constantes	A	B
DBO_5	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Fuente: (Metcalf&Eddy, 1995) pg. 593)

Remoción de DBO_5

$$R = \frac{trh}{a + (b * trh)}$$

Ecuación 34

Datos:

R=Porcentaje de remoción esperado DBO₅

T_{rh}=Tiempo de retención (horas); 0.37 h

a,b= Constantes empíricas (considerado de la Tabla 33-3)

$$R = \frac{0.37}{0.018 + (0.020 * 0.37)}$$

$$R = 14.56\%$$

Sólidos Suspendidos

$$R = \frac{trh}{a + (b * trh)}$$

Ecuación 35

Datos:

R=Porcentaje de remoción esperado SST

T_{rh}=Tiempo de retención (horas); 0.37 h

a,b= Constantes empíricas (considerado de la Tabla 33-3)

$$R = \frac{0.37}{0.0075 + (0.014 * 0.37)}$$

$$R = 29.18\%$$

3.2.5.6 Dimensionamiento de la trampa de grasas

Para el dimensionamiento del desengrasador, la OMS (Organización mundial de la salud); recomienda trabajar con una carga hidráulica de 4 lt/s.m² y un tiempo de retención de 4 min en

caudales de 10 a 20 lt/s. Además, asumiendo que el caudal tiene pérdidas de hasta el 10%, entonces el nuevo caudal será de 17L/s

Área del desengrasador

$$A = \frac{Q_{\max}}{Ch}$$

Ecuación 36

Donde:

A= Área del desengrasador

Q_{max}= Caudal máximo de diseño; 17 L/s

Ch=Carga Hidráulica; 4 lt/s.m²

$$A = \frac{17 \frac{L}{s}}{4 \frac{L}{s * m^2}}$$

$$A = 4.25m^2$$

Base del Desengrasador

Reemplazando en las ecuaciones se tiene:

$$A = b * 1.5b$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{1.5}}$$

Ecuación 37

Donde:

A= Área del desengrasador; 4.25 m²

b= base del desengrasador

$$b = \sqrt{\frac{4.25m^2}{1.5}}$$

$$b = 1.70m$$

Longitud del desengrasador

$$l = b * 1.5$$

Ecuación 38

Donde:

b= base del desengrasador; 1.70 m

l=Longitud del desengrasador

$$l = 1.70m * 1.5$$

$$l = 2.5m$$

Para determinar la altura se cuantifica el volumen del desengrasador

$$V = Q_{\max} * T_r$$

Ecuación 39

Donde:

Q_{max}= Caudal máximo de diseño; 0.017m³/s

T_r= Tiempo de retención; 240 s (sugerido por el GAD Municipal de Chillanes)

$$V = 0.017 \frac{m^3}{s} * 240s$$

$$V = 4m^3$$

Altura del desengrasador

$$h = \frac{V}{A}$$

Ecuación 40

Donde:

V= Volumen del desengrasador; 4 m³

A= Área del desengrasador; 4.25 m²

$$h = \frac{4m^3}{4.25m^2}$$

$$h = 0.96m$$

3.2..7 Canal Parshall

El canal parshall es un elemento que es empleado para medir caudales en salidas de alcantarillas, aguas residuales ríos su funcionamiento se basa en la disminución de la anchura y la presencia de un resalto aumentando la aceleración del flujo, en este elemento se realizará la mezcla rápida del coagulante con el agua residual debido a la turbulencia que se produce a la salida de la misma.

Un canal de Parshall tradicional cuenta con cuatro partes principales: Transición de entrada, Sección convergente, Garganta, Sección divergente.

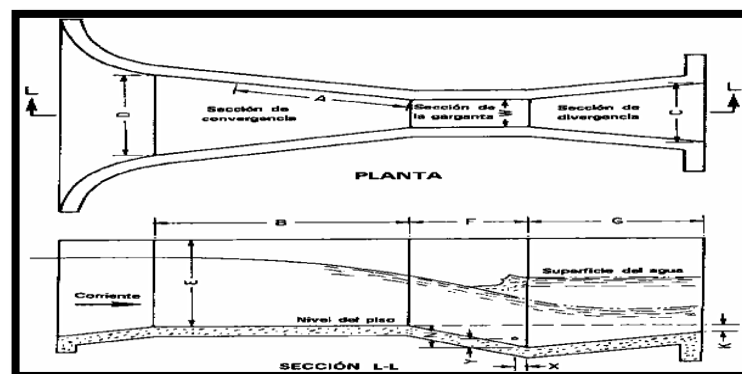


Figura 4-3: Canal Parshall

Dimensionamiento del canal Parshall

Ancho de la garganta; W:

Para el dimensionamiento de la canaleta Parshall se utiliza la caudal punta con una pérdida del 5% por la remoción de lodos que son enviados a un lecho de secado, se tiene que la función principal de esta canaleta es la aplicación del coagulante debido a que en esta zona se produce la turbulencia requerida.

Tabla 32-3: Determinación de W de la canaleta de Parshall en función del caudal

Ancho W	Límites de Caudal (L/s)	
	Q mínimo	Q máximo
1"	0,28	5,67
2"	0,57	14,15
3"	0,85	28,31
6"	1,42	110,44
9"	2,58	252
1'	3,11	455.90

Fuente: (Romero, 2008)

$$B_w = 3 \text{ pulgadas} = 0.076 \text{ m}$$

Altura del agua en la sección de medición, H_o :

Tabla 33-3: Valores de K y n, según el tamaño de W

Ancho de la garganta Parshall		K	N
Pulgadas-Pie	Metros		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,015	1,842	0,636
9"	0,229	1,486	0,633
1'	0,305	1,276	0,657
1,5'	0,46	0,966	0,65
2'	0,61	0,795	0,645
3'	0,915	0,608	0,639
4'	1,22	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,63

6'	1,83	0,389	0,627
8'	2,44	0,324	0,623

Fuente: (Cepis,2012)

$$H_0 = K * (Q_p)^n$$

Ecuación 41

Datos:

H₀= Altura del agua en la sección de medición (m)

Q_p= Caudal de punta (m³ /s); 0.016m³/s

K= Constante (adimensional); 3.704 (*Valor considerado de la Tabla 34-.3*)

n= Constante (adimensional); 0.646 (*Valor considerado de la Tabla 34-.3*)

$$H_0 = 3.704 * (0.016 \frac{m^3}{s})^{0.646}$$

$$H_0 = 0.25m$$

Ancho entrada sección convergente, D¹:

Tabla 34-3: Dimensiones estandarizados de la canaleta Parshall

W		A	B	C	D	E	F	G	K'	N
Pulg-pie	cm	cm	Cm	Cm	Cm	Cm	cm	cm	cm	Cm
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61	61	39,4	40,3	61	30,5	61	7,6	11,4
9"	22,9	88	86,4	39	57,5	76,3	30,5	61	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61	84,5	91,5	61	45,7	7,6	22,9
1,5'	45,7	144,9	142	76,2	102,6	91,5	61	91,5	7,6	22,9
2'	61	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122	157,2	91,5	61	91,5	7,6	22,9
4'	122	183	179,5	152,5	193,8	91,5	61	91,5	7,6	22,9
5'	152,3	198,3	194,1	183	230,3	91,5	61	91,5	7,6	22,9

6'	183	213,5	209	213	266,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224	244	303,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
8'	244	244	239	174,5	340	91,5	61	91,5	7,6	22,9
10'	305	274,5	427,9	366	475,9	475	91,5	183,5	15,3	34,3

$$D^l = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

Ecuación 42

Datos:

D^l = Ancho entrada sección convergente (m)

D = Dimensión de la canaleta (m); 0.259 m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

W = Ancho de la garganta (m); 0.076 m

$$D^l = \frac{2}{3} * (0.259m - 0.076m) + 0.076m$$

$$D^l = 0.19m$$

Velocidad en la sección de medición, V_o :

$$V_o = \frac{Q_p}{H_o * D^l}$$

Ecuación 43

Datos:

V_o = Velocidad en la sección de medición (m/s)

H_o =Altura del agua en la sección de medición (m); 0.25 m

D^l = Ancho entrada sección de medición (m); 0.19 m

Q_p = Caudal de punta (m³/s); 0.016 m³/s

$$V_O = \frac{0.016 \frac{m^3}{s}}{0.25m * 0.19m}$$

$$V_O = 0.33 \frac{m}{s}$$

Carga hidráulica disponible, E_o :

$$E_o = \frac{v_o^2}{2g} + H_o + N$$

Ecuación 44

Datos:

E_o =Carga hidráulica disponible (m)

V_o = Velocidad en la sección de medición (m/s); 0.33 m/s

g = Gravedad (m/s²); 9.8 m/s²

H_o =Altura del agua en la sección de medición (m); 0.25 m

N = Dimensiones de la canaleta (m); 0.057 m (*Valor considerado de la tabla 35-3*)

$$E_O = \frac{(0.33 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}} + 0.25m + 0.057m$$

$$E_O = 0.31m$$

Caudal específico en la garganta de la canaleta, Q_w :

$$Q_w = \frac{Q_p}{W}$$

Ecuación 45

Datos:

Q_w = Caudal específico en la garganta de la canaleta (m³/s.m)

W =Ancho de la garganta (m); 0.076 m

Q_p = Caudal de punta (m³/s); 0.016 m³/s

$$Q_w = \frac{\left(0.016 \frac{m^3}{s}\right)}{0.076m}$$

$$Q_w = 0.21 \frac{m^3}{s.m}$$

Angulo de inclinación, θ_p :

$$\theta_p = \cos^{-1} \left[- \frac{Q_w * g}{\left(\frac{2g * E_o}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

Ecuación 46

Datos:

θ_p = Angulo de inclinación (grados)

Q_w = Caudal específico en la garganta de la canaleta (m³/s.m); 0.21

g = Gravedad (m/s²); 9.8 m/s²

E_o = Carga hidráulica disponible (m); 0.31 m

$$\theta_p = \cos^{-1} \left[- \frac{0.21 \frac{m^3}{s} * 9.8 \frac{m}{s^2}}{\left(\frac{2(9.8 \frac{m}{s^2} * 0.31m)}{3} \right)^{1.5}} \right]$$

$$\theta_p = 135.56^0$$

Velocidad antes del resalto, V_1 :

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2E_o * g}{3} \right) * \cos\left(\frac{\theta_p}{3} \right)}$$

Ecuación 47

Datos:

v_1 =Velocidad antes del resalto (m/s)

θ_p = Angulo de inclinación (grados); 135.56^0

g = Gravedad (m/s^2); $9.8 m/s^2$

E_o = Carga hidráulica disponible (m); 0.31 m

$$v_1 = 2 \sqrt{\left(\frac{2(0.31m) * 9.8 \frac{m}{s^2}}{3} \right) * \cos\left(\frac{135.56^0}{3} \right)}$$

$$v_1 = 2 \frac{m}{s}$$

Altura de agua antes del resalto, h_1 :

$$h_1 = \frac{Q_w}{v_1}$$

Ecuación 48

Datos:

h_1 = Altura de agua antes del resalto (m)

Q_w = Caudal de agua (m³/sm); 0.21 m³/sm

v_I = Velocidad antes del resalto (m/s); 2 m/s

$$h_1 = \frac{0.21 \frac{m^3}{sm}}{2 \frac{m}{s}}$$

$$h_1 = 0.1m$$

Numero de Froude, F:

$$F = \frac{v_1}{(g * h_1)^{0.5}}; 3 \geq F \geq 2$$

Ecuación 49

Datos:

F = Numero de Froude (adimensional)

h_I = Altura de agua antes del resalto (m); 0.1 m

g = Gravedad (m/s²); 9.8m/s²

v_I = Velocidad antes del resalto (m/s); 2m/s

$$F = \frac{2 \frac{m}{s}}{(9.8 \frac{m}{s^2} * 0.1m)^{0.5}}$$

$$F = 2.02$$

Altura del agua después del resalto, h_2 :

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right)$$

Ecuación 50

Datos:

h_2 = Altura de agua después del resalto (m)

F = Numero de Froude (adimensional); 2.02

h_1 = Altura de agua antes del resalto (m); 0.1 m

$$h_2 = \frac{0.1m}{2} * \left(\sqrt{1 + 8(2.02^2 - 1)} \right)$$

$$h_2 = 0.28m$$

Velocidad de resalto, V_2 :

$$v_2 = \frac{Q_p}{h_2 * W}$$

Ecuación 51

Datos:

v_2 = Velocidad después del resalto (m/s)

Q_p = Caudal de punta (m^3/s); 0.016 m^3/s

W = Ancho de la garganta (m); 0.076 m

h_2 = Altura de agua después del resalto (m); 0.28 m

$$v_2 = \frac{0.016 \frac{m^3}{s}}{0.28m * 0.076m}$$

$$v_2 = 0.75 \frac{m}{s}$$

Altura en la sección de salida de la canaleta, h_3 :

$$h_3 = h_2 - (N - K^l)$$

Ecuación 52

Datos:

h_3 = Altura en la sección de salida de la canaleta (m);

h_2 = Altura de agua después del resalto (m); 0.28m

N = Dimensiones de la canaleta (m); 0.057 m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

K^l = Dimensiones de la canaleta (m); 0.025 m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

$$h_3 = 0.28m - (0.057m - 0.025m)$$

$$h_3 = 0.24m$$

Velocidad en la sección de la salida, V_3 :

$$v_3 = \frac{Q_p}{C * h_3}$$

Ecuación 53

Datos:

v_3 = Velocidad en la sección de salida (m/s)

h_3 = Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.24 m

Q_p = Caudal de punta (m³/s); 0.016 m³/s

C = Dimensiones de la canaleta (m); 0.178m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

$$v_3 = \frac{0.016 \frac{m^3}{s}}{0.178m * 0.24m}$$

$$v_3 = 0.37 \frac{m}{s}$$

Perdida de carga en el resalto, h_R :

$$h_R = H_0 + K^l - h_3$$

Ecuación 54

Datos:

h_R = Pérdida de carga en el resalto (m)

h_3 = Altura en la sección de salida de la canaleta (m); 0.24 m

K^l = Constantes adimensionales; 0.076m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

H_0 = Altura del flujo de agua (m); 0.25 m

$$h_R = 0.25m + 0.076m - 0.24m$$

$$h_R = 0.086m$$

Tiempo de mezcla en el resalto, T:

$$T = \frac{2G^l}{v_2 + v_3}$$

Ecuación 55

Datos:

T= Tiempo de mezcla en el resalto (s)

G^l = Dimensión de la canaleta (m); 0.305 m (*Valor considerado de la Tabla 35-3*)

v_3 = Velocidad en la sección de salida (m/s); 0.37 m/s

v_2 = Velocidad después del resalto (m/s); 0.75 m/s

$$T = \frac{2 * 0.305m}{0.75 \frac{m}{s} + 0.37 \frac{m}{s}}$$

$$T = 0.54s$$

Gradiente de velocidad, G:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu} * \left(\frac{h_R}{T}\right)}$$

Ecuación 56

Datos:

G= Gradiente de velocidad (s^{-1})

γ = Peso específico (kN/m^3); 9.789 kN/m^3 (Valor considerado de la Tabla 31-3)

μ = Viscosidad dinámica ($N.s/m^2$); $1.102*10^{-3} \text{ Ns/m}^2$ (Valor considerado de la Tabla 31-3)

T= tiempo de mezcla en el resalto (s); 0.54 s

h_R = Perdida de carga en el resalto (m); 0.086 m

$$G = \sqrt{\frac{9.789 \frac{kN}{m^3}}{1.102*10^{-3} \frac{Ns}{m^2}} * \left(\frac{0.086m}{0.54s}\right)^{0.5}}$$

$$G = 37.61s^{-1}$$

3.2.5.8 Floculador hidráulico horizontal

La floculación es una operación que consiste en la aglomeración de partículas coaguladas por el efecto de su mayor peso y tamaño que forman flóculos los cuales sedimentan. Esta se produce por la adición de productos químicos que por acción de una lenta agitación produce la formación de flóculos. La velocidad de agitación es un factor importante en este proceso esta debe realizarse con mucho cuidado si esta es demasiado fuerte, los esfuerzos cortantes producen la ruptura de los flóculos en partículas más pequeñas y por consiguiente una sedimentación lenta.

Factores que incluyen en la floculación:

- Naturaleza del agua
- Variaciones del caudal
- Intensidad de la agitación
- Número de compartimentos de la unidad
- Gradiente de velocidad
- Ph

Clasificación de los Floculadores

El objetivo de los Floculadores es proporcionar el movimiento suficiente para el crecimiento de los flóculos y su posterior sedimentación. Los Floculadores se diseñan de acuerdo a la energía utilizada para su agitación.

- **Floculadores mecánicos**

Los Floculadores mecánicos requieren una fuente de energía externa para agitar el fluido. Generalmente se utiliza, paletas, hélices u otros elementos acoplados que es impulsado por una fuerza motriz y así se realice el proceso mencionado.

- **Floculadores hidráulicos**

En los Floculadores hidráulicos, la energía necesaria para la mezcla proviene de la carga de velocidad que trae el fluido. Consiste en tanques provistos de canales, tabiques o pantallas entre los cuales el agua circula con una velocidad fija, produciendo cierta turbulencia en cada cambio de dirección del flujo.

- **Floculador hidráulico de flujo vertical**

El agua va y viene por encima y por debajo de las pantallas que dividen el tanque. Su construcción es preferencial para plantas de dimensiones grandes con una profundidad de 2 a 3m.

- **Floculador hidráulico de flujo horizontal**

El agua se desplaza en sentido horizontal entre dos tabiques consecutivos haciendo el giro al final de cada uno, el uso y construcción de este floculador es recomendable para plantas pequeñas con caudales menor a 100 L/s.

Para este sistema de tratamiento se ha optado por la construcción con asbesto-cemento (A.C) que presenta bajo costo, y que no presenta riesgo de contaminación en aguas que no sean acidas o abrasivas. De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad reduciendo el área y por consiguiente los costos de construcción.

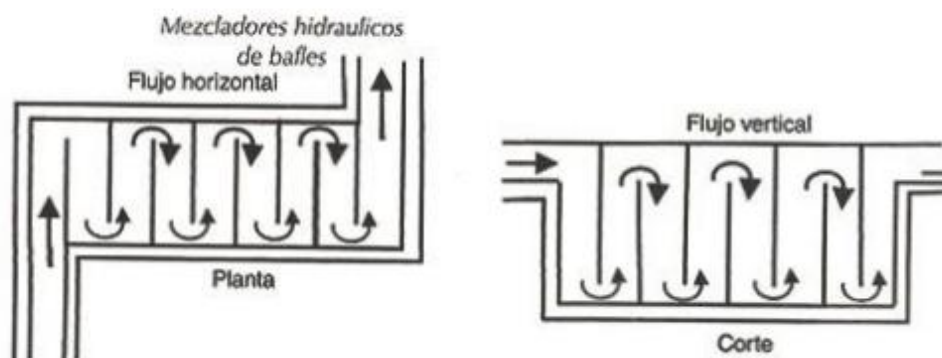


Figura 5-3: Floculadores hidráulicos

Dimensionamiento de un floculador hidráulico horizontal

Tabla 35-3: Criterios de diseño para un floculador hidráulico de flujo horizontal

Tipo de pantalla	Profundidad	Unidad
Asbesto-Cemento	1,0	m
Madera	1,5-2,0	m

Fuente: (L. Cepeda Vargas)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Tabla 36-3: Dimensiones específicas para cada tipo de pantalla

Tipo De Pantalla	Coefficiente De Fricción Manning	Ancho (m)	Ancho (m)	Espesor (m)
Asbesto-cemento corrugado	0,030	0,825	2,44	0,006
Asbesto-cemento plana	0,013	1,22	2,44	0,01
Madera	0,012	-	-	-

Fuente: (L. Cepeda Vargas)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Se utilizó para las pantallas de A.C corrugado ya que contribuye en disminuir la diferencia de gradiente de velocidad entre el canal y las vueltas, siendo el ancho de las láminas corrugadas es de 0,825m.

El ancho de la unidad deberá ser igual a tres veces el ancho de la pantalla corrugada más el espaciamiento entre el extremo de las pantallas y la pared del tanque en el último tramo

Tabla 37-3: Número de intensidad

Norma	Gradiente de velocidad	Número de Camp
FAIR	$2 < G < 40 \text{ s}^{-1}$	$5000 < G.T > 50$
CAMP	$20 < G < 40 \text{ s}^{-1}$	
AWWA	$5 < G < 100 \text{ s}^{-1}$	$30000 < G.T > 15000$
BRASIL	$10 < G < 70 \text{ s}^{-1}$	
STENKIST	$G > 40 \text{ s}^{-1}$	
HUDSON		$G.T > 10$

Fuente: (L. Cepeda Vargas)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

Área del canal floculador, ($A_F \text{ m}^2$):

$$A_F = \frac{Q_p}{v}$$

Ecuación 57

Dónde:

v : Velocidad de flujo la salida del canal parshall (0.37m/s)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 0.016(m^3/s)

$$A_F = \frac{0.016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.37 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A_F = 0.04 \text{ m}^2$$

Cálculo del ancho del canal de floculación, (a, m):

$$a = \frac{A_f}{H_u}$$

Ecuación 58

Dónde:

a : Ancho del canal de floculación (m)

A_f : Área del floculador(m^2); 0.043 m^2

H_u : Altura del agua en la unidad (m); 1,10 m tabla considerando un 10% de factor de seguridad

$$a = \frac{0.043m^2}{1.10m}$$

$$a = 0.04m$$

Considerando que el ancho del canal es muy delgado se asumirá un ancho de 0.20m

Calculo del ancho de las vueltas de floculación , d :

$$d = 1.5 * a$$

Ecuación 59

Dónde:

d : Ancho de las vueltas de floculación (m)

a : Ancho del canal de floculación (m); 0.20 m

$$d = 1.5 * 0.20m$$

$$d = 0.30m$$

Cálculo del ancho del floculador con la ecuación, B_f :

$$B_f = 3b_{ac} + d$$

Ecuación 60

Dónde:

d : Ancho de las vueltas de floculación (m); 0,30 m

b_{ac} : Ancho útil de lámina A-C (m); 0,825 m (valor de la tabla 38-3)

B_f : ancho del floculador(m)

$$B_f = 3(0.825m) + 0.30m$$

$$B_f = 2.78m$$

Cálculo de la longitud efectiva del canal, L_E :

$$L_E = B_f - d$$

Ecuación 61

Dónde:

L_E : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

B_f : ancho del floculador(m); 2.78m

d : Ancho de las vueltas de floculación (m); 0.30 m

$$L_E = 2.78m + 0.30m$$

$$L_E = 3.08m$$

Cálculo de la distancia recorrida por el agua L_c

Se escogió un tiempo mínimo para que ocurra la floculación de 10 minutos según la norma GOMELLA y por los datos experimentales obtenidos en laboratorio.

$$L_c = v * Tr$$

Ecuación 62

Dónde:

v : Velocidad de flujo; 0.37m/s

L_c : distancia recorrida por el agua(m);

T_r =Tiempo para que ocurra la floculación; 5min

$$L_c = 0.37 \frac{m}{s} * 5 \text{ min} * 60s$$

$$L_c = 111m$$

Cálculo del número de canales, N_c :

$$N_c = \frac{L_c}{B_f}$$

Ecuación 63

Dónde:

N_c : Número de canales; unidades

L_c : distancia recorrida por en el floculador(m); 111 m

B_f : ancho del floculador(m); 2.78m

$$N_c = \frac{111m}{2.78m}$$

$$N_c = 40 \text{ unidades}$$

Cálculo de la longitud del floculador, L :

$$L = N_c (d + es)$$

Ecuación 64

Dónde:

N_c : Número de canales; 40 unidades

es : Espesor del floculador(m); (valor obtenido de la tabla 38-3; 0.006 m)

d : Ancho de las vueltas de floculación (m); 0,30 m

$$L = 40(0.30m + 0.006m)$$

$$L = 12.25m$$

Cálculo del volumen del floculador, V_f :

$$V_f = L * B_f * H_u$$

Ecuación 65

Dónde:

B_f : ancho del floculador(m); 2.78 m

H_u : Altura del agua en la unidad (m); 1,10 m tabla considerando un 10% de factor de seguridad

L : Longitud del floculador (m); 12.25 m

$$V_f = 12.25m * 2.78m * 1.10m$$

$$V_f = 37.46m^3$$

Cálculo de pérdida de carga de las vueltas del floculador, h_{c1} :

$$h_{c1} = \frac{kv^2(Nc - 1)}{2g}$$

Ecuación 66

Datos:

$k=3$ adimensional

h_{c1} : Pérdida de carga de las vueltas del floculador (m)

N_c : Número de canales; 40 unidades

v : Velocidad de flujo (0.37m/s)

$$h_{c1} = \frac{3(0.37 \frac{m}{s})^2 (40 - 1)}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{c1} = 0.81m$$

Cálculo del perímetro mojado en la sección del tramo, P :

$$P = 2H_u + d$$

Ecuación 67

Dónde:

H_u : Altura del agua en la unidad (m); 1,10 m tabla considerando un 10% de factor de seguridad

d : Ancho de las vueltas de floculación (m); 0,30 m

$$P = 2(1.10m) + 0.30m$$

$$P = 2.5m$$

Radio hidráulico de los canales, R_H :

$$R_H = \frac{A_f}{P}$$

Ecuación 68

Dónde:

A_f : Área del floculador(m^2); 0.043 m^2

P : Perímetro mojado en la sección del tramo; 2.5m

$$R_H = \frac{0.043m^2}{2.5m}$$

$$R_H = 0.02m$$

Cálculo de pérdida de carga en los canales del tramo, H_{c2} :

$$H_{c2} = \frac{(nv)^2}{\frac{4}{R_H^3}} * L_c$$

Ecuación 69

Dónde:

H_{c2} : Pérdida de carga en los canales del tramo(m);

R_H : Radio hidráulico de los canales del tramo; 0.02m

n : Coeficiente de fricción de Manning; 0,03 ver tabla 38-3

L_c : distancia recorrida por el agua(m); 111 m

v : Velocidad de flujo (0.37m/s)

$$H_{c2} = \frac{(0.03 * 0.37 \frac{m}{s})^2}{(0.02)^3 m} * 11 m$$

$$H_{c2} = 2.52m$$

Cálculo de pérdida de carga total del tramo con la ecuación, H_{cT} :

$$H_{cT} = H_{c2} + H_{c1}$$

Ecuación 70

Dónde:

H_{c2} : Pérdida de carga en los canales del tramo(m); 2.52 m

H_{cT} : Pérdida de carga total del tramo (m);

h_{c1} : Pérdida de carga de las vueltas; 0,099m

$$H_{cT} = 2.52m + 0.099m$$

$$H_{cT} = 2.61m$$

Gradiente de velocidad, G :

$$G = \sqrt{\frac{\rho f}{u} * \frac{H_{cT}}{Tr}}$$

Ecuación 71

Dónde:

T_r : Tiempo para que ocurra la floculación; 5min

H_{cT} : Pérdida de carga total del tramo; 2.61 m

ρf : Densidad del fluido a la temperatura de 20°C; ; 998 $\frac{kg}{m^3}$

u : Viscosidad del fluido a la temperatura de 20°C; 0,9463x10⁻³ $\frac{kg}{m.s}$

$$G = \sqrt{\frac{998 \frac{Kg}{m^3}}{0.94 * 10^{-3} \frac{Kg}{m.s}} * \frac{2.61m}{300s}}$$

$$G = 96.10s^{-1}$$

El gradiente de velocidad se encuentra dentro de la norma AWWA $5 < G < 100 \text{ s}^{-1}$

Número de Camp, G_T :

$$G_T = G * Tr$$

Ecuación 72

Datos:

T_r = Tiempo para que ocurra la floculación; 5min

G : Gradiente de velocidad; 96.10 s^{-1}

$$G_T = 96.10s^{-1} * 300s$$

$$G_T = 28830$$

El número de Camp se encuentra dentro de la norma AWWA $30000 < G.T < 150000$

3.2.5.9 *Calculo de la Dosificación del Poli cloruro de Aluminio (PAC)*

Para calcular la dosis óptima de PAC, fue necesario identificar la zona de pH más óptima pH= 7.03, utilizando una concentración madre de 10.000 ppm ó (1%), para posteriormente utilizar 43 ppm por cada litro de agua residual como dosis óptima.

Calculo del PAC necesario (P_F)

El peso del PAC necesario para tratar el agua viene dado por:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde:

V_1 =Volumen de la solución; 4.3ml

V₂= Volumen de la solución requerida; 1000 ml

C₁= Concentración inicial 10.000 ppm

C₂= Concentración necesaria

$$C_2 = \frac{10000ppm * 4.3mL}{1000mL}$$

$$C_2 = 43ppm$$

$$C_2 = 0.043g / L$$

Cálculo de la Dosificación del Poli cloruro de Aluminio (PAC)

$$P_{PAC} = Q_{punta} * DosisPAC$$

$$P_{PAC} = \frac{138240L}{dia} * \frac{0.043g}{L} * \frac{1Kg}{1000g}$$

$$P_{PAC} = 59.44 \frac{Kg}{dia}$$

Cálculo del costo de dosificación del Poli cloruro de Aluminio (PAC)

$$CPAC = P_{PAC} * DosisPAC$$

$$CPAC = \frac{59.44Kg}{dia} * 0.70dolares$$

$$CPAC = 41.60\$ / dia$$

$$CPAC = 41.60 \frac{\$}{dia} * \frac{30dias}{1mes}$$

$$CPAC = \frac{124824\$}{mes}$$

$$CPAC = \frac{124824\$}{1mes} * \frac{12meses}{1año}$$

$$CPAC = \frac{14.978,88\$}{año}$$

La presentación del PAC viene en 25kg saco cuyo valor es 0,70\$/ kg

$$P_{PAC} = 59.44 \frac{Kg}{dia} * \frac{1saco}{25Kg} * \frac{365dia}{1año}$$

$$P_{PAC} = \frac{867.82sa\ cos}{año}$$

Calculo para el caudal actual (2018):

$$P_F = \frac{Q_D * D * 86400}{1000000}$$

Donde:

Q_D = Caudal de diseño (L/s); 6.83 L/s

D = Dosis de PAC necesario (mg/L) obtenida en el laboratorio; 43 mg/L

P_F = Peso del floculador necesario (Kg/d)

$$P_F = \frac{6.83 \frac{L}{s} * 43 \frac{mg}{L} * \frac{86400s}{1dia}}{\frac{1000mg}{1g} * \frac{1000g}{1Kg}}$$

$$P_F = 25.37 \frac{Kg}{dia}$$

3.2.2.10 Sedimentador de Flujo Horizontal

El diseño del sedimentador de flujo horizontal (placas) posee tiempos de retención cortos de 15 minutos, además son unidades de alta eficiencia y de poca profundidad con relación a sedimentadores convencionales. El periodo de funcionamiento teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años. (Rojas, 2014)

Un sedimentador de flujo horizontal consta de cuatro zonas que son: una zona de entrada, sedimentación, de salida y de recolección de lodos y tienen como características, tiempo de retención cortos, poca profundidad y un ángulo de inclinación de 60° todas estas características ayudan a tener mayor velocidad de sedimentación de lodos.

Tabla 38-3: Criterios para el diseño del sedimentador de flujo horizontal

Parámetro	Valor	Unidad
Carga superficial	50-70	$m^3/m^2 dia$
Profundidad	2-5	m
Número de Reynolds	<500	Adimensional
Pendiente de fondo	>2	%
Tiempo de retención	<15	min
Características critica de funcionamiento	1-1,5	Adimensional
Relación largo- ancho	3-6	m
Relación largo -profundidad	5-20	m

Fuente: (BVSDE, 2005 pág. 18)- (MarcadorDePosición1pág. 54)

Dimensionamiento Sedimentador

Cálculo del Área de la sedimentación, A_s :

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Ecuación 73

Datos:

A_s = Área del sedimentador (m^2)

Q_D = Caudal Punta (m^3/s); 0.016 m^3/s ó 1382.4 $m^3/día$

C_s = Carga superficial ($m^3/m^2 dia$); 50 $m^3/m^2 dia$ (Valor adoptado de la Tabla 40-3)

$$A_s = \frac{13824 \frac{m^3}{dia}}{50 \frac{m^3}{m^2 dia}}$$

$$A_s = 27.64 m^2$$

Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, V_0 :

$$v_0 = \frac{Q_p}{A_s * \text{sen} \theta}$$

Ecuación 74

Datos:

v_0 = Velocidad promedio de flujo (cm/s)

A_s = Área del sedimentador (m²); 27.64 m²

Q_p = Caudal punta (m³/s); 0.016 m³/s ó 1382.4 m³/día

θ = Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60° (*Valor considerado de la Tabla 37-3*)

$$v_0 = \frac{13824 \frac{m^3}{dia}}{27.64 m^2 * \text{sen} 60}$$

$$v_0 = 57.72 \frac{m}{dia} * \frac{100cm}{1m} * \frac{1dia}{24h} * \frac{1h}{3600s} = 0.066 \frac{cm}{s}$$

$$v_0 = 0.066 \frac{cm}{s}$$

Longitud del sedimentador, L_r :

$$L = \frac{A_s}{B}$$

Ecuación 75

Datos:

L = Longitud relativa del sedimentador

A_s = Área del sedimentador (m²); 27.64 m²

B = Ancho del sedimentador; 2.5m (*Valor considerado Tabla 40-3 con respecto a la relación L/B 3-6*)

$$L = \frac{27.64m^2}{2.5m}$$

$$L = 11.05m$$

Es la distancia entre dos puntos que tiene una conexión que depende de varias características y factores.

$$L_r = \frac{L}{B}$$

Ecuación 76

Datos:

L_r: Longitud relativa del sedimentador

B= Ancho del sedimentador; 2.5m (*Valor considerado Tabla 40-3 con respecto a la relación L/B 3-6*)

L: Longitud del sedimentador (m); 11.06 m

$$L_r = \frac{11.06m}{2.5m}$$

$$L_r = 4.42$$

Tabla 39-3: Parámetros de diseño de placas planas de asbestos – cemento

Parámetro	Valor	Unidad
Longitud	1-3	m
Ancho	2-3	m
Espesor	0.01	m
Ángulo de inclinación	40-60	Grados
Espaciamiento entre placas	4-6	Cm

Fuente: (Rojas, 2014) pág. 85

Tiempo de retención en las placas, t_{rp} :

$$t_{rp} = \frac{I}{v_o}$$

Ecuación 77

Datos:

t_{rp} = Tiempo de retención en las placas (min)

I = Longitud recorrida a través de la placa (m); 1.2 m (*Valor sugerido tabla 41-3*)

v_o = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); $6.6 \cdot 10^{-4}$ m/s

$$t_{rp} = \frac{1.2m}{6.6 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s}}$$

$$t_{rp} = 1818.18s \cdot \frac{1\text{min}}{60s} = 30.30\text{min}$$

$$t_{rp} = 30.30\text{min}$$

Tiempo de retención en el tanque sedimentador, Trh :

$$Trh = \frac{A_s \cdot H_s}{Q_p}$$

Ecuación 78

Datos:

Trh = Tiempo de retención (min)

A_s = Área de sedimentación (m²); 27.64 m²

H_s = Altura total (m); 2 m (*Valor sugerido tabla 40-3*)

Q_p = Caudal Punta (m³/s); 1382.4 m³/día

$$Trh = \frac{27.64m^2 * 2m}{13824 \frac{m^3}{dia}}$$

$$Trh = 0.04dia * \frac{24h}{1dia} * \frac{60min}{1h} = 57.6 min$$

Numero de Reynolds, Re:

$$Re = \frac{v_o * d_p}{g}$$

Ecuación 79

Datos:

Re= Numero de Reynolds (Adimensional)

v_o= Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); 0.066 cm/s ó 6.6*10⁻⁴ m/s

d_p= Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0.06 m (*Valor sugerido tabla 41-3*)

g= Viscosidad cinética del agua a 15⁰ (m²/s); 1.140*10⁻⁶ m²/s (*Valor considerado del apéndice de METCALF/EDDY Tabla C1*)

$$Re = \frac{6.6 * 10^{-4} \frac{m}{s} * 0.06m}{1.140 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 34.73$$

Longitud de transición, L^l:

$$L^l = 0.013 * Re$$

Ecuación 80

Datos:

L^l= Longitud de transición

Re= Numero de Reynolds (Adimensional); 34.73

$$L^l = 0.013 * 34.73$$

$$L^l = 0.45m$$

Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición, L_{cr} :

$$L_{cr} = L_r - L^l$$

Ecuación 81

Datos:

L^l = Longitud de transición; 0.45 m

L_r = Longitud relativa del sedimentador; 4.42 m

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición

$$L_{cr} = 4.42m - 0.45m$$

$$L_{cr} = 3.97m$$

Velocidad de sedimentación crítica, v_{sc} :

$$v_{sc} = \frac{S_c * v_0}{\text{sen} \theta + (L_{cr} * \cos \theta)}$$

Ecuación 82

Datos:

v_{sc} = Velocidad de sedimentación crítica (cm/s)

S_c = Característica crítica de funcionamiento para laminas paralelas (adimensional); 1.0 para laminas paralelas tabla 40-3

v_0 = Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas; 57.02m/día

θ = Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición; 3.97 m

$$v_{sc} = \frac{1 * 57.02 \frac{m}{dia}}{\text{sen}60^0 + (3.97m * \cos60^0)}$$

$$v_{sc} = 20 \frac{m}{dia}$$

$$v_{sc} = 0.02 \frac{cm}{s}$$

Número de placas por modulo, N_p :

$$N_p = \frac{(L_s - L_p * \cos\theta) \text{sen}\phi + d_s}{d_s + e_p}$$

Ecuación 83

Datos:

N_p = Número de placas por modulo (Unidad)

L_s = Longitud del sedimentador (m); 11.06m

L_p = Longitud de las placas (m); 1m

d_s = Separación entre placas (m); 0.06m(Valor sugerido tabla 41-3)

e_p = Espesor de las placas (m); 0.01 m (Valor sugerido tabla 41-3)

θ = Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60^0

$$N_p = \frac{(11.06m - 1m * \cos60^0) \text{sen}60 + 0.06m}{0.06m + 0.01m}$$

$$N_p = 131$$

Volumen del sedimentador, V :

$$V = L * B * H$$

Ecuación 84

Datos:

V= Volumen del sedimentador (m³)

L_s= Longitud del sedimentador (m); 11.06 m

B= Ancho del sedimentador (m); 2.50 m

h= Altura del sedimentador (m); 2.0 m (*Valor sugerido tabla 41-3*)

$$V = 11.06m * 2.50m * 2m$$

$$V = 55.3m^3$$

Remoción de DBO₅ y sólidos suspendidos

La eficiencia de remoción del *DBO₅* y sólidos suspendidos, se encuentra en función de la concentración del efluente y del tiempo de retención.

Remoción de DBO₅

$$R = \frac{trh}{a + (b * trh)}$$

Ecuación 85

Datos:

R=Porcentaje de remoción esperado DBO₅

T_{rh}=Tiempo de retención (horas); 0.96 h

a,b= Constantes empíricas (considerado de la Tabla 33-3)

$$R = \frac{0.96}{0.018 + (0.020 * 0.96)}$$

$$R = 25.80\%$$

Sólidos Suspendidos

$$R = \frac{trh}{a + (b * trh)}$$

Ecuación 86

Datos:

R=Porcentaje de remoción esperado SST

T_{rh}=Tiempo de retención (horas); 0.96 h

a,b= Constantes empíricas (considerado de la Tabla 33-3)

$$R = \frac{0.96}{0.0075 + (0.014 * 0.96)}$$

$$R = 45.84\%$$

3.2.2.11 Lecho de Secado

Uno de los principales problemas en el tratamiento de las aguas residuales es el relacionado con el tratamiento y disposición de lodos este problema radica en concentrar los sólidos por medio de la máxima remoción posible de agua y disminuir su contenido orgánico la cual si no es correctamente tratada periódicamente estos lodos sufren un proceso de descomposición causando malos olores, emisión de gases, y efectos indeseables que son un foco de contaminación para el medio ambiente esta razón es importante su tratamiento y disposición

Los lodos de una planta depuradora de agua residual se producen en los procesos como sedimentación coagulación entre otros como:

- Lodos generados en la coagulación y sedimentación
- Lodos generados en desarenadores y rejillas
- Lodo primario generados en la sedimentación
- Lodo secundario generados en el tratamiento biológico
- Lodos digeridos generados en el tratamiento primario y secundario separado o mezclado.

(Romero Rojas, 2002, p. 95)

Los lechos de secado tienen como función principal la deshidratación del lodo proveniente del tratamiento de las aguas residuales por medio de la evaporación hasta obtener una humedad no mayor del 70 %. Al final del proceso se obtiene un lodo frágil de apariencia porosa y de fácil remoción, el lodo se retira del lecho y puede ser utilizado para compostaje.

Dimensionamiento del lecho de secado

Volumen de lodos producidos

$$V_{LE} = Q_{\max} * V_{lodos}$$

Ecuación 87

Datos:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del sedimentador (m^3)

Q_{\max} : Caudal máximo horario 19 (l/s)

V_{lodos} : Volumen de lodos obtenidos en el laboratorio (16mL/1 litro)

$$V_{LE} = 19 \frac{L}{s} * \frac{16mL}{1L}$$

$$V_{LE} = 26.26 \frac{m^3}{dia}$$

Calculo del área del lecho de secado, A_{LS} :

La profundidad del lecho que va depositarse en el lecho de secado es de 0.20 a 0.40 m según OPS/CEPIS 05,163. pág. 18.

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 88

Datos:

V_{Le} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3); 26.26 m^3 /dia

H_d : Profundidad de aplicación (m); 0.4m

$$A_{LS} = \frac{26.26m^3}{0.4m}$$

$$A_{LS} = 65.65m^2$$

Cálculo de la longitud del lecho de secado, L_{LS} :

El ancho del lecho de secado según mencionado por el OPS/CEPIS/05.163 pág. 18 puede estar entre 3 a 6 m por tanto, para nuestro cálculo tomaremos el valor de 5 m de ancho.

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 89

Datos:

A_{LS} = Área del lecho de secado (m²); 65.65 m²

b_{LS} = Ancho del lecho de secado (m); 5m

$$L_{LS} = \frac{65.65m^2}{5m}$$

$$L_{LS} = 13.13m$$

Calculo del volumen del tanque para lodos, V_{TL} :

$$V_{TL} = L_{LS} * b_{LS} * H_d$$

Ecuación 90

Datos:

L_{LS} = Longitud del lecho de secado (m²); 13.13 m

b_{LS} = Ancho del lecho de secado (m); 5 m

H_d = Profundidad de aplicación (m); 0.4 m

$$V_{TL} = 13.13m * 5m * 0.4m$$

$$V_{TL} = 26.26m^3$$

3.2.3 Resultados

3.2.3.1 Resultados de la caracterización del agua residual

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los parámetros que NO CUMPLEN con la norma del Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (REGISTRO OFICIAL, ACUERDO MINISTERIAL N. 097 TABLA 10): Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 40-3: Resultados Caracterización Inicial comparadas con la Norma TULSMA

REPORTE DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN CHILLANES				
ENSAYOS FÍSICOS QUÍMICOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE PERMISI BLE
Temperatura	2550-B	°C	17.2	....
Potencial Hidrógeno	4500-B	....	7.03	6-9
Aceites y Grasas	5520-B	mg/L	148	30
Color	2120-C	Pt/Co	865	-
Conductividad	2510-B	USiems/cm	820	-
Coliformes Fecales	INEN 1529-8	NMP/100m l	27.000	10.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	5210-B	mg/L	183	100
Demanda Química de Oxígeno DQO	5220-B	mg/L	383	200
Hierro	3500-Fe-D	mg/L	1.45	10
Turbiedad	2130-B	UNT	144	-
Sólidos Totales	2540-B	mg/L	1030	1600
Sólidos Suspendidos Totales	2540-D	mg/L	150	130
Nitrógeno Amoniacal	4500-NH ₄ -C	%	19	30

FUENTE: (Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, 2018)
Realizado por : Fernando Barragán, 2018

3.2.3.2 Resultado de la tratabilidad del agua residual tratada

Tabla 41-3: Resultado de la Tratabilidad del agua residual

REPORTE DE AGUA RESIDUAL DEL CANTÓN CHILLANES					
PROCEDENCIA: DESCARGA CANTÓN CHILLANES					
PARÁMETROS	UNID AD	LIMITE PERMISIBLE	MUESTR AS COMPUE STAS	AGUA TRAT ADA	% de REMO CIÓN
Temperatura	°C	...	17.2	20.1	...

Aceites y Grasas	mg/L	30	148	6.5	95.60
Color	Pt/Co	.....	865	73	91.56
Turbiedad	UNT	.....	144	1.94	98.65
pH	Und.	6...9	7.03	7,45	.....
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	100	183	20	89.07
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200	383	38	90.07
Coliformes Fecales	NMP/100ml	10.000	27.000	100	99.62
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	130	150	6	96

FUENTE: (Laboratorio de Calidad del Agua, Facultad de Ciencias, 2018)

Realizado por : Fernando Barragán, 2018

3.2.3.3 Resultado del Dimensionamiento de la planta de tratamiento

a. Caudal de diseño

Tabla 42-3: Determinación de la Población

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Población futura	P_f	4006	Habitantes

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

b. Caudal de diseño

Tabla 43-3: Determinaciones de caudales

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal de infiltración	I	1.5	L/s
Caudal Diseño	Q_D	19.91	L/s
Caudal medio diario	Q_{md}	6.06	L/s
Caudal conexiones erradas	Q_{ce}	1.81	L/s

Dotación del agua consumida	Da	186	L/hab. dia
-----------------------------	------	-----	------------

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

c. Rejillas

Tabla 44-3: Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Ancho del canal	B	0,80	m
Ángulo de inclinación	α	60	$^{\circ}$
Espesor de las barras	E	12.7	mm
Velocidad de flujo	v	0.60	m/s
Altura del tirante de construcción	h_a	1.53	m
Separación entre barras	S	0.025	m
Área libre al paso del agua por las rejillas	A_L	0,03	m ²
Longitud de barras	L_b	1.75	m
Número de barras	N_b	21	Unidades

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

d. Canal de entrada

Tabla 45-3: Dimensionamiento para el canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Altura total del canal	H_{TC}	1.5	m
Longitud del canal	L	2	m
Ancho del canal	B_c	0,80	m
Velocidad media del canal	v_{md}	0.59	m/s
Radio hidráulico	RH	0,24	m

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

e. Tanque Desarenador de flujo horizontal

Tabla 46-3: Dimensionamiento del Desarenador de Flujo Horizontal

Parámetro	Símbolo	Valor	unidad
-----------	---------	-------	--------

Cámara de aquietamiento			
Tiempo de retención	t_r	35	s
Longitud	$L_{c.a}$	0.61	m
Área la cámara de aquietamiento	$A_{c.a}$	0.38	m^2
Ancho de la cámara de aquietamiento	$B_{c.a}$	0.61	m
Volumen de la cámara de aquietamiento	$V_{c.a}$	$5.4 \cdot 10^{-4}$	m^3
Altura de la cámara de aquietamiento	P_{tca}	2,2	m
Zona de Sedimentación			
Velocidad horizontal	v_h	$6.63 \cdot 10^{-4}$	m/s
Velocidad de sedimentación de las partículas	v_s	0.22	cm/s
Número de Reynolds	NRe	0.11	---
Tiempo de sedimentación	t_s	1363	s
Numero de Reynolds	NRe	5.58	.....
Volumen del desarenador	C_d	42.98	m^3
Ancho de zona de sedimentación	B_s	2.67	m
Longitud del desarenador	L_{dS}	5.34	m
Altura del Desarenador	h_d	3	m
Área total del desarenador	A_s	14.20	m^2
Zona de Lodos			
Altura del canal de limpieza	H_{zl}	1	m
Longitud del canal de limpieza	L_{Sl}	1.16	m
Ancho del canal de limpieza	A_{Cl}	1.33	$\%$
Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos	V_L	1.27	m^3

Fuente: Fernando Barragán, 2018

f. Tanque desengrasador

Tabla 47-3: Dimensionamiento del Desengrasador

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área del Desengrasador	A	4.25	m ²
Base del desengrasador	b	1.70	m
Longitud del Desengrasador	l	2.5	m
Volumen del desengrasador	V	4	m ³

Altura del desengrasador	h	0.96	m
Pendiente de fondo	F	10	%

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

g. Diseño de un canal Parshall

Tabla 48-3: Dimensionamiento de un canal Parshall

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Altura del agua en la sección de medición	H_0	0.25	m
Ancho de la garganta	W	0.076	m
	Dimensiones de Canaleta		
Ancho entrada sección convergente	D^I	0.19	m
Velocidad de la sección de medición	V_0	0.33	m/s
Carga hidráulica disponible	E_0	0.31	m
Angulo de inclinación	θ_P	135.65	$^\circ$
Velocidad antes del resalto	v_1	2	m/s
Numero de Froude	F	2.02	.....
Altura del agua después del resalto	h_2	0.28	m
Velocidad del resalto	v_2	0.75	m/s
Altura en la sección de salida de la canaleta	h_3	0.24	m
Velocidad en la sección de salida	v_3	0.37	m/s
Perdida de carga en el resalto	h_R	0.086	m
Tiempo de mezcla en el resalto	T	0.54	s
Gradiente de velocidad	G	37.61	s^{-1}

Fuente: Fernando Barragán, 2018

h. Floculador Hidráulico Horizontal

Tabla 49-3: Dimensionamiento Floculador Hidráulico Horizontal

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área del canal floculador	A_F	0.04	m^2

Ancho del canal de floculación	a	0.20	m
Ancho de las vueltas de floculación	d	0.30	m
Ancho del floculador	B_f	2.78	m
Longitud del floculador	L	12.25	m
Altura del agua en el floculador	H_u	1.10	m
Distancia recorrida por el agua	L_c	111	m
Número de canales	N_c	40	<i>unidades</i>
Longitud del floculador	L	12.25	m
Volumen del floculador	V_f	37.46	m^3
Gradiente de velocidad	G	96.01	s^{-1}
Numero de Camp	G_T	28.830	...

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

i. Sedimentador de Flujo Horizontal

Tabla 50-3: Dimensionamiento del Sedimentador de Flujo Horizontal

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la cámara de sedimentación	A_s	27.64	m^2
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	V_0	0.066	cm/s
Longitud del sedimentador	L	11.05	m
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	30.30	min
Tiempo de retención en el tanque sedimentador	T_{rh}	57.6	min
Numero de Reynolds	R_e	34.73	.....

Longitud de transición	L^1	0.45	<i>m</i>
Longitud relativa del sedimentador	L_{cr}	3.97	<i>m</i>
Velocidad de sedimentación critica	v_{sc}	0.02	<i>cm/s</i>
Ancho del sedimentador	B	2.50	<i>m</i>
Longitud del sedimentador	l	11.06	<i>m</i>
Altura del sedimentador	h	2	<i>m</i> ³
Numero de placas por modulo	N_p	131	<i>unidades</i>
Volumen del sedimentador	V	55.3	<i>m</i> ³

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

j. Lecho de secado

Tabla 51-3: Dimensionamiento de Lecho de Secado

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen de lodos a extraerse del sedimentador	V_{LE}	26.26	<i>m</i> ³ /dia
Área del lecho de secado	A_{LS}	65.6	<i>m</i> ²
Longitud del Lecho de secado	L_{LS}	13.13	<i>m</i>
Volumen del tanque para lodos	V_{TL}	26.6	<i>m</i> ³

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

k. Dosificación de Químicos

TABLA 52-3: Dosificación de PAC

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Concentración del PAC solución madre	P_1	ppm	10.000
Concentración del PAC requerida por litro	P_2	ppm	43

PAC requerido para el caudal actual (2018)	P_F	Kg/día	25.37
PAC requerido para el caudal de diseño (2033)	P_{PAC}	Kg/día	59.44

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.3 Sistema de Tratamiento de las aguas residuales propuesto

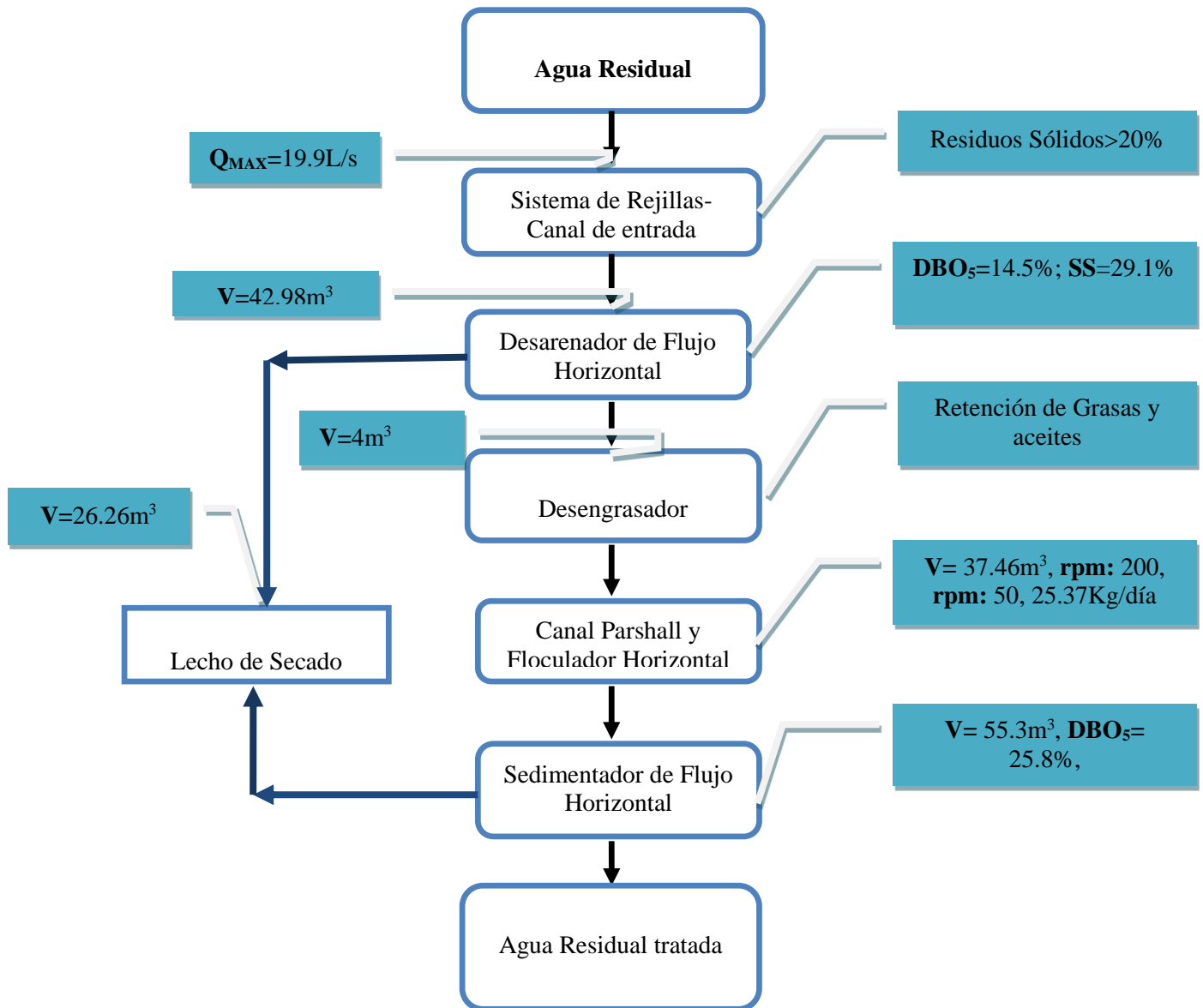


Gráfico 4-3: Floculadores hidráulicos

3.4 Requerimientos de Tecnología, equipos y maquinaria

3.4.1 Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales

Tabla 53-3: Materiales y Equipos para Medición del Caudal

Equipos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">• pHmetro• Termometro• Conductimetro• Cámara fotográfica• Cronómetro• GPS	<ul style="list-style-type: none">• Libreta de apuntes• Esfero• flexómetro• Mascarilla• Guantes• Botas de caucho• Balde graduado de 10 litros• Recipientes de vidrio

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.4.2 Requerimiento de Normativas y Procedimiento para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales

Tabla 54-3: Materiales utilizados en el Muestreo de Agua Residual

Materiales	Procedimiento	Normativa
<ul style="list-style-type: none">• Guantes• Recipientes de plásticos• Recipientes de vidrio• Cooler• Mascarilla	<ul style="list-style-type: none">• El muestreo de aguas residuales se realiza en el campo tomando una muestra compuesta de 2 litros que debe ser refrigerada para su posterior análisis en laboratorio	El muestro se realizó según la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.4.3 Requerimiento de equipos y métodos para caracterización

Tabla 55-3: Equipos, Materiales y Reactivos

Parámetro	Reactivos y equipos	Materiales
Sólidos sedimentable	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) - Hexano - Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaso 250 ml - Cono Imhoff
Sólidos totales	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) 	<ul style="list-style-type: none"> - Caja Petri - Balanza Analítica - Vasos de precipitación - Estufa y Desecador
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) - Agua destilada - Conductímetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación
Color	<ul style="list-style-type: none"> - Agua destilada - Agua problema (muestra) - HACH DR 2800 (Espectrofotómetro) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipeta - Cubeta de análisis 10 mL - Vasos de precipitación
DBO5	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) - Soluciones de tampón de sulfato - Solución de sulfato de magnesio - Solución de cloruro férrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Tampones de copa - Termómetro y Embudo - Botella de incubación - Capsula magnética
DQO	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) - Capsula magnética - Ftalato Ácido de Potasio (KHP). - Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> - Tubo de digestión - Pipeta volumétrica - Viales con reactivos - Gradilla
Ph	<ul style="list-style-type: none"> - Agua problema (muestra) - Potenciómetro - Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> - Vaso de precipitación

Fuente: (APHA, 2016)

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.5 Análisis de Costo/Beneficio del proyecto

Tabla 56-3: Análisis económico de la planta de Tratamiento de aguas residuales

PROYECTO:		DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES PARROQUIA URBANA DE CHILLANES- PROVINCIA DE BOLIVAR			
UBICACIÓN:		PARROQUIA URBANA DE CHILLANES,CANTÓN CHILLANES PROVINCIA DE BOLÍVAR			
Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Valor Total
OBRAS PRELIMINARES					
1	Replanteo y Nivelación	m ²	15	0,9	13.5
2	Limpieza y Desbroce	m ²	15	1.70	25.5
3	Cerramiento	m	300	10	3000
SUBTOTAL					3.039
DESBASTE O REJILLAS					
4	Compuerta de acero inoxidable	U	1	215	215
5	Suministro e instalación de rejillas	U	1	130.50	130,50
SUBTOTAL					345,5
CANAL CAPTACION					
6	Excavación manual	m ³	2	2,45	2,90
7	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2+	m ³	2	186.24	372,48
	Encofrado				
8	Enlucido interior	m ²	5.12	6.80	34,81
	+impermeabilizante				
9	Enlucido vertical exterior	m ²	5.12	7.30	37,37
SUBTOTAL					447,56
DESARENADOR					
10	Excavación manual	m ³	25	2,45	61,25
11	Empedrado base piedra bola e= 15cm	m ²	14.25	13.40	190,95
12	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2+	m ³	23.05	186.24	4.294,32
	Encofrado de madera				
13	Re plantillo de H.s f'c=140 kg/cm2	m ²	0.85	145.62	123,77

14	Enlucido interior +impermeabilizante	m^2	21.30	6.80	144,84
15	Enlucido vertical exterior	m^2	9	7.30	65,70
16	Malla electro soldada 6mm de 15*15cm	m^2	8.46	3.75	31,72
17	Válvula desagüe + Accesorios	U	1	220	220
	SUBTOTAL				5.132,15
DESENGRASADOR					
18	Excavación Manual	m^3	1.70	2.45	3,82
19	Enlucido interior +impermeabilizante	m^2	4	6.80	27,2
20	Enlucido vertical exterior	m^2	2	7.30	14,60
21	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2+ Encofrado de madera	m^3	2.5	186.24	465,6
22	Malla electro soldada 6mm de 15*15cm	m^2	0.6	3.75	2,25
	SUBTOTAL				513.48
CANAL PARSHALL					
24	Limpieza y desbroce	m^2	10,83	1	10,83
25	Replanteo y nivelación	m^2	10,83	1	10,83
26	Excavación manual	m^3	12	2,45	29,4
27	Nivelación y replanteo	m^2	12,52	4,2	52,58
28	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m^3	1,1	121,66	133,82
29	Re plantillo de H.s f'c=180 kg/cm2	m^3	0,7	109,93	76,95
30	Enlucido vertical con impermeabilización	m^3	3,35	9,3	31,16
31	Encofrado de madera	m^2	8,06	7,25	58,43
32	Malla electro soldada 15*15mm	m^2	17.87	3,75	67,01
	SUBTOTAL				471,01
FLOCULADOR HIDRÁULICO HORIZONTAL					
33	Excavación de suelo sin clasificar	m^3	37.46	2,45	91,77
34	Encofrado de madera	m^2	27.46	8	219,68
35	Malla electro soldada 10x10x6mm	m^2	37,46	3,75	140,47
36	Nivelación y replanteo	m^2	15.80	4,2	66,36

37	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	9.50	121.66	1155,77
38	Re plantillo de H.s f'c=180 kg/cm2	m3	9.50	109.93	1044,33
39	Enlucido vertical	m3	27.46	9,45	259,49
40	Limpieza y desbroce	m2	55,79	1	55,79
41	Encofrado de madera	m²	20	7,25	145
42	Malla electro soldada 15*15*mm	m²	15	3,75	56.25
	SUBTOTAL				3.234,91
SEDIMENTADOR					
43	Excavación de suelo sin clasificar	m³	27.65	2,45	67,74
44	Malla electro soldada 15x15x6mm	m²	50	3,75	187.5
45	Nivelación y replanteo	m²	22	4,2	92.4
46	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m³	55	121,66	6.691,30
47	Re plantillo de H.s f'c=180 kg/cm2	m³	30	109,93	3297,9
48	Enlucido vertical	m³	41	9,3	381,3
49	Válvula desagüe	U	3	220	660
50	Limpieza y desbroce	m²	51	1	51
	SUBTOTAL				11.429,14
LECHO DE SECADO DE LODOS					
51	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m³	12	121,66	1.459,92
52	Re plantillo de H.s f'c=180 kg/cm2	m³	1.8	109,93	197,87
53	Pintura blanca para exteriores	m2	16	9.00	144
	SUBTOTAL				1.801,72
COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES PARROQUIA URBANA DE CHILLANES- PROVINCIA DE BOLÍVAR					26.414,47

Elaborado por: Fernando Barragán, 2018

Tabla 57-3: Determinación de los costos de dosificación

Reactivo	Dosificación (Kg/ día)	Costo por unidad Kg(\$)	Costo por día \$	Costo por mes \$
Poli cloruro de Aluminio PAC(2033)	59.44	0,70	41.60	1248.24
Poli cloruro de Aluminio PAC(2018)	25.37	0.70	17.75	532.77

Realizado por: Fernando Barragán, 2018**Tabla 58-3:** Presupuesto de Mantenimiento mensual

DETALLE	Costo Mensual (\$)
Sueldo personal	450,00
Mantenimiento de la planta en general	70
Desarenador	100
Sedimentador	150
Lecho de Secado	150
Total (\$)	920

Realizado por: Fernando Barragán, 2018

3.6 Análisis

El agua residual generada por la Parroquia urbana de Chillanes, Cantón Chillanes perteneciente a la provincia de Bolívar, se descarga directamente sobre el río Lambrán lo que produce una contaminación sobre el recurso hídrico. Para realizar la caracterización inicial de las aguas residuales se tomaron muestras de la descarga 1 del colector Emilio Estrada y de la descarga 2 del colector Guayas y García Moreno, cabe mencionar se utilizó un método volumétrico para el aforo del caudal, siendo medido en el mes de noviembre, especificado en la Tabla 2-1 y Tabla 3-1 así como la toma de muestras de agua residual para sus respectivos análisis basado en la Norma INEN 2169.

Los resultados obtenidos de la caracterización inicial permiten identificar los parámetros que están fuera de la normativa ambiental vigente establecida en el TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9. Siendo identificados Aceites y grasas: 148 mg/L, Color: 865 Pt/Co, Turbiedad: 144 NTU, DBO₅: 183 mg/L, DQO: 383 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales: 150 mg/L, Coliformes Fecales 27.000 NMP/100ml, siendo focos de contaminación que afectan al río Lambrán.

Las pruebas de tratabilidad se realizaron, teniendo en consideración los resultados obtenidos de la caracterización físico- química y microbiológica inicial del agua residual haciendo énfasis en el índice de biodegradabilidad (DQO /DBO₅), en donde proporcionó un valor de 2.09 lo cual permite realizar con seguridad un tratamiento físico- químico, es evidente la utilización de un test de jarras con la finalidad de identificar las variables como: características del agua, tipo y dosis de coagulante, pH óptimo de coagulación, condiciones de mezcla, temperatura; mediante el manejo de estas variables se pueden reducir las concentraciones de los contaminantes que están fuera de los límites permisibles; los resultados se pueden apreciar en la Tabla 43-3, donde se verifica la reducción de contaminantes presentes en el agua residual recuperando de esta manera las características del agua.

Para validar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual se utilizó un test de jarras con lo cual se realizó la coagulación- floculación y posterior su sedimentación, alcanzando resultados de reducción de Aceites y grasas: 148 a 6.5 mg/L siendo su límite máximo permisible 30 mg/L lográndose una remoción 95.60 %, Color: 865 a 73 Pt/Co con una remoción de 91.56 %, Turbiedad: 144 a 1.94 mg/L, con una remoción de 98.65, DBO₅: 183 a 20 mg/L siendo el máximo permisible 100 mg/L, con una remoción de 89.07 %, DQO: 383 a 38 mg/L siendo el límite máximo permisible 200 mg/L, con una remoción de 90.07 %, Sólidos Suspendidos Totales: 150 a 6 mg/L siendo el límite máximo permisible 130 mg/L con una remoción de 96%, Coliformes Fecales 27.000 a > 100 NMP/100ml, siendo el límite máximo permisible 10.000, con una remoción de 99.64%.

Como se puede evidenciar en la Tabla 13-3, Tabla 14-3, Tabla 15-3 se detalla la utilización de diferentes coagulantes siendo estos Cloruro Férrico, Sulfato de Aluminio, y Poli cloruro de Aluminio (PAC); obteniendo mejores resultados con PAC 10.000mg/L como solución madre, siendo la dosis adecuada una concentración de 43 mg/L por litro de agua residual ó ver en Tabla 15-3, logrando la reducción de contaminantes teniendo una remoción entre 71 y 98.65%; validando mediante análisis de laboratorio el cumplimiento de las aguas residuales dentro de los parámetros establecidos en el TULSMA Anexo 1, Tabla 9 . Evidenciando que el sistema propuesto es eficaz y eficiente para este tipo de agua residual. Cabe mencionar que parte de la materia ya sea orgánica e inorgánica quedan atrapados en desarenador y sedimentador.

CONCLUSIONES

- La caracterización inicial físico-química y microbiológica de las aguas residuales de la parroquia urbana de Chillanes, provenientes del sistema de alcantarillado, de acuerdo a lo establecido en el TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9, los parámetros encontrados fuera de norma son: Aceites y Grasas: 148 mg/L, Color: 865 Pt/Co, Turbiedad: 144 NTU, DBO₅: 183mg/L, DQO: 383 mg/L, sólidos suspendidos totales: 150 mg/L, Coliformes Fecales 27.000 NMP/100mL.
- De acuerdo al índice de biodegradabilidad se optó por un tratamiento físico- químico, para la cual se realizaron pruebas de tratabilidad, utilizando un test de jarras con el objetivo de identificar las variables como: tipo de coagulante (PAC), dosis de coagulante (43ppm), pH óptimo de coagulación (7.03), condiciones de mezcla rápida (200rpm) y mezcla lenta (50rpm) temperatura (17.2⁰C), tiempo de sedimentación (20min) y dosificación de PAC por día (59.44Kg/día).
- El sistema de tratamiento de agua residual consta de los siguientes etapas: rejillas (21 unidades), canal de entrada ($v=0.59\text{m/s}$), desarenador ($V= 42.98\text{m}^3$), desengrasado ($V= 4\text{m}^3$), canal parshall ($t=0.54$), floculador hidráulico horizontal (37.46m^3), sedimentador de flujo horizontal (55.3m^3), lecho de secado ($V= 26.26\text{m}^3/\text{día}$).
- La validación del sistema de tratamiento propuesto se realizó mediante la caracterización final del agua tratada con base en el TULSMA Libro VI Anexo 1, Tabla 9 , verificándose que el sistema propuesto logro la reducción de Aceites y grasas en 95.60 %, Color en 91.56 %, Turbiedad en 98.65%, DBO₅ en 89.07 %, DQO en 90.07 %, Sólidos Suspendidos Totales en 96%, Coliformes Fecales en 99.64 %.
- Los costos para la ejecución del sistema de tratamiento de aguas residuales serán de 26.414,47 dólares incluyendo todas las infraestructuras e ingeniería civil. Además, el costo mensual de coagulante será de 1.248,24 dólares y mantenimiento de la planta de 920 dólares.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el GAD Municipal de Chillanes, con lo cual se dará una disposición final adecuada al agua residual generada.
- Se debe realizar frecuentemente la caracterización físico química y microbiológica del agua residual para verificar que las características del afluente no hayan cambiado y así establecer una base de datos que permita evidenciar la eficiencia de la planta
- Se recomienda realizar capacitaciones al personal que va a manipular la planta de tratamiento, haciendo énfasis en el manejo del coagulante y disposición final de los lodos generados.
- La planta de tratamiento debe utilizar la gravedad como medio de transporte del agua residual y así evitar gastos de bombeo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **American Public Health Association.** “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. 22a.ed. Washington D.C.USA: 2012, pp. 48-50.
2. **APHA, 2016.** “*Materiales, equipos y reactivos para la caracterización del agua residual*”. s.l.:s.n.
3. **Arboleda, J.** Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera Edición. Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería sanitaria y ambiental “ACODAL” Vol. I, 2000
4. **Cartografía de Senplades, 2015.** *Mapa Parroquial Chillanes*. s.l.:s.n.
5. **Cisterna, O, Pedro & Peña, Daisy.** “*Determinación de la relación de DBO₅/DQO en aguas residuales de comunas con poblaciones menores a 25000 habitantes en la VIII región*”. [en línea]. Universidad Tec. Fed. Sta. María & Essbio S.A [Consulta: 18 febrero 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
6. **Fair, Gordon. & otros.** *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales*. México D.F.-México: 1988, pp. 134-140.
7. **GAD Municipal De Chillanes. Gestión De Riesgos.** “*Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chillanes, Provincia de Bolívar 2014 – 2019*”, Chillanes, 2018. pp.20-100
8. **INEC, Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos, 2010.** *Índice de crecimiento poblacional en la provincia de Bolívar..* [En línea] Available at: <http://www.inec.gob.ec/>

9. **INANHI, Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología** *Ministerio del Ambiente, Bolívar.* MAE Anuncios Meteorológicos. 2011.
10. **Logroño. C, Andreina. M.** *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para la Parroquia matriz Guamote, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Biotecnología Ambiental. 2013. pp. 10-25.
11. **METCALF., & EDDY.** *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización.* 3 ed. Madrid-España:2005, pp.95-102; 210,555-557.
12. **Ministerio del Ambiente.** *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Libro VI, Anexo 1. Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A* [Consulta: 2018-02-11] Disponible: en:<http://www.ambiente.gob.ec/>
13. **NORMA INEN 005-9-1, 1992.** *Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C.* s.l.:s.n.
14. **NTE INEN 2 169:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*
15. **NTE INEN 2 176:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*
16. **OPS/CEPIS/05.158.** *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.*[En línea] 2005.[Citado el: 15 de marzo 2018]Disponible en:<http://www.bvsdc.paho.org/bvsatp/c/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseño-desare.pdf>.
17. **Peña, D., 2010.** *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VII región..* [En línea]

Available at: <http://bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12>
[Último acceso: 15 03 2018].

18. **RAS-2000.** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas.* [En línea] 2000. [Citado él: 03 de marzo 2018.] Disponible en: http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de:aguas_residuales.pdf
19. **Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico.** "Tratamiento de Aguas Residuales". *Sitio web de "Ministerio de Desarrollo Económico"*. [En línea] Noviembre de 2000. [Consulta: 12 de marzo 2018.] Disponible en:
http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf.
20. **Rodriguez, 2008.** Borde libre de un canal . En: *Tratamientos avanzados de Aguas Residuales Industriales*. Madrid: s.n., pp. 10-16.
21. **Rodriguez, A y otros.,** *Informe de vigilancia tecnológica-VT MIOD., Tratamientos avanzados de Aguas Residuales Industriales.*, Madrid- España., Nota N^o2., Pp10-16., disponible en: www.madrimasd.org
22. **Romero J, Rojas R., 2002.** Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.158 -OMS.. En: "*Guía para el Diseño De Desarenadores y Sedimentadores,*". Lima: s.n., p. 297.
23. **Rojas, R.** *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.158 -OMS. Curso internacional: "Guía para el Diseño De Desarenadores y Sedimentadores,"*. Lima-Perú, 2005. pp. 297

24. **Romero., J.,** *Tratamiento de Aguas Residuales*. 3 a ed. Bogotá – Colombia: Alfaomega, 2002, pp. 67 – 71; 74 , 223, 706 ,707.
25. **Salazar. L, Jhon. M.** *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia Simiatug del cantón Guaranda provincia de Bolívar* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Biotecnología Ambiental. 2013. pp. 24-90.
26. **SENPLADES ,Secretaria Nacional De Planificación Y Desarrollo,** *Plan Nacional para el buen vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Pluricultural e Intercultural.*, 1ed., Quito-Ecuador., 2009., Pp10-16 Disponible en:<http://www.senplades.gob.ec>
27. **Valencia, Adriana,** *Diseño de un sistema de Tratamiento para las Aguas Residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis- Provincia de Chimborazo*, Escuela de Ciencias Químicas., Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., Tesis., 2011., Pp120-125
28. **Valencia, Jorge Arboleda.** *Teoría y práctica de la purificación del agua Tomo I*, Colombia, 2000. P 43-47.
29. **Universidad Libre Pereira,** 2011. [En línea] Disponible en: <http://www.unilibrepereira.edu.co/portal/archivos/pdf/inftecnico.pdf>

ANEXOS